23/9

inra

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES ET VETERINAIRES DE THEIX

P. 1497

I. N. R. A.
SERVICE DE DOCUMENTATION
- 5 AOUT 1981
CENTRE DE TOULOUSE

ISSN 0395-7519

BULLETIN TECHNIQUE

N°44 - JUIN 1981

trimestriel

BTT-45

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES ET VETERINAIRES DE THEIX

BULLETIN TECHNIQUE

N°44 - JUIN 1981

C.R.Z.V. de Theix _ 63110 BEAUMONT _ Tel. (73) 92.42.63

Sommaire

M. Lamand - La toxicité du cuivre chez le mouton 5

R. Toullec - Utilisation des protéines de luzerne par le veau préruminant 9

A. Hoden - Utilisation des pailles de céréales par les génisses d'élevage 13

M. Doreau, M. Journet, B. Marquis et A. Ollier - Variations de la digestibilité de la ration et de quelques paramètres sanguins chez la vache laitière à proximité du vêlage 17

D. Micol, C. Beranger - Variations de la capacité d'ingestion des bovins en croissance et à l'engrais 23

J.P. Dulphy, G, Lienard - Effet de l'acide formique sur la valeur alimentaire des ensilages directs d'herbe destinés aux vaches laitières ; conséquences économiques 33

G. Lienard, J.P. Dulphy — Eléments technico-économiques pour le choix d'une méthode de récolte d'ensilage d'herbe 41

Ve Symposium International sur la Physiologie des Ruminants

Y. Ruckebusch, P. Thivend - Présentation de l'ouvrage 53

Table des matières des communications présentées 55

Table des matières de l'ouvrage 61

Y. Ruckebusch - I - Motricité gastro-intestinale chez les ruminants 65

J.P. Dulphy - II - Physiologie du comportement alimentaire et nutrition 69

Sommaire des publications des chercheurs du centre parues dans les annales de l'INRA 73

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1981 (44) 5-7.

La toxicité du cuivre chez le mouton

M. LAMAND

Laboratoire des Maladies Nutritionnelles

Introduction

L'utilisation de plus en plus fréquente, chez le porc, de rations très enrichies en cuivre et zinc, pose des problèmes pour l'utilisation du lisier en épandage sur prairies, en raison de sa richesse en ces éléments. Nous essaierons d'évaluer les risques encourus chez le mouton pâturant des prairies ayant reçu un tel lisier en tenant compte des teneurs habituelles des fourrages en cuivre et en molybdène, un élément interférant avec le cuivre et qui tempère sa toxicité. Il importe également de surveiller l'apparition de l'intoxication cuprique à son stade clinique pour organiser un traitement et une prophylaxie des accidents.

La limite de toxicité du cuivre chez le mouton

A la différence des autres ruminants, le mouton est très sensible aux excès de cuivre.

La carence en cuivre, traduite parfois par de l'ataxie enzootique* des agneaux, se rencontre en France. La prophylaxie des carences est basée sur la complémentation en cuivre des rations, cependant les limites de carence ou de toxicité sont fonction du niveau du molybdène dans la ration, cet élément jouant un rôle d'antagoniste vis-à-vis du cuivre.

Une ration trop riche en cuivre provoque une accumulation progressive de cet élément dans le foie. Cette phase de l'intoxication peut durer plusieurs semaines. Le molybdène diminue l'absorption intestinale du cuivre, limite le stockage hépatique et l'utilisation cellulaire de l'élément. Le soufre intervient également dans cette interaction : il favorise la synthèse au niveau du rumen de di et trithiomolybdates impliqués dans la perturbation du métabolisme du cuivre (CLARKE et LAURIE, 1980). Par exemple, ces deux composés sont absorbés dans l'intestin et diminuent l'activité enzymatique de la céruloplasmine (MASON *et al.,* 1980) l'une des enzymes du plasma cuprodépendantes.

En raison de l'interaction du soufre et du molybdène, la toxicité du cuivre peut apparaître à des niveaux relativement faibles si la ration est pauvre en molybdène (< 0,2 mg Mo/kg M.S.) et en soufre.

D'après des observations faites dans les conditions de la pratique, la limite de toxicité s'établit, surtout chez l'agneau, vers 15 mg Cu/kg M.S. (tabl. 1).

TABLEAU 1

Cas d'intoxication survenus dans la pratique chez le mouton

Animaux	Teneur en oligoéléments de la ration (mg/kg M.S.)	Symptômes	Délai d'apparition
Agneaux sevrés	Cu : 14 - 18 Zn : 85 - 94 Mn : 78 - 98 Mo : 0,6 - 0,8	Mortalité Saisies à l'abattoir pour ictère	70-80 jours
Brebis	Cu : 40	30 % de mortalité avec ictère hémolytique	70 jours
Brebis	Cu 20 - 25	Anémie (hématocrite 20 - 30 %)	1 an

La plupart des foins français de prairie permanente de première coupe sont carencés en cuivre (tabl. 2) et également pauvres en molybdène (fig. 1).

* Paralysie précoce provoquée par la démyélination du système nerveux et spécifique de la carence en cuivre.

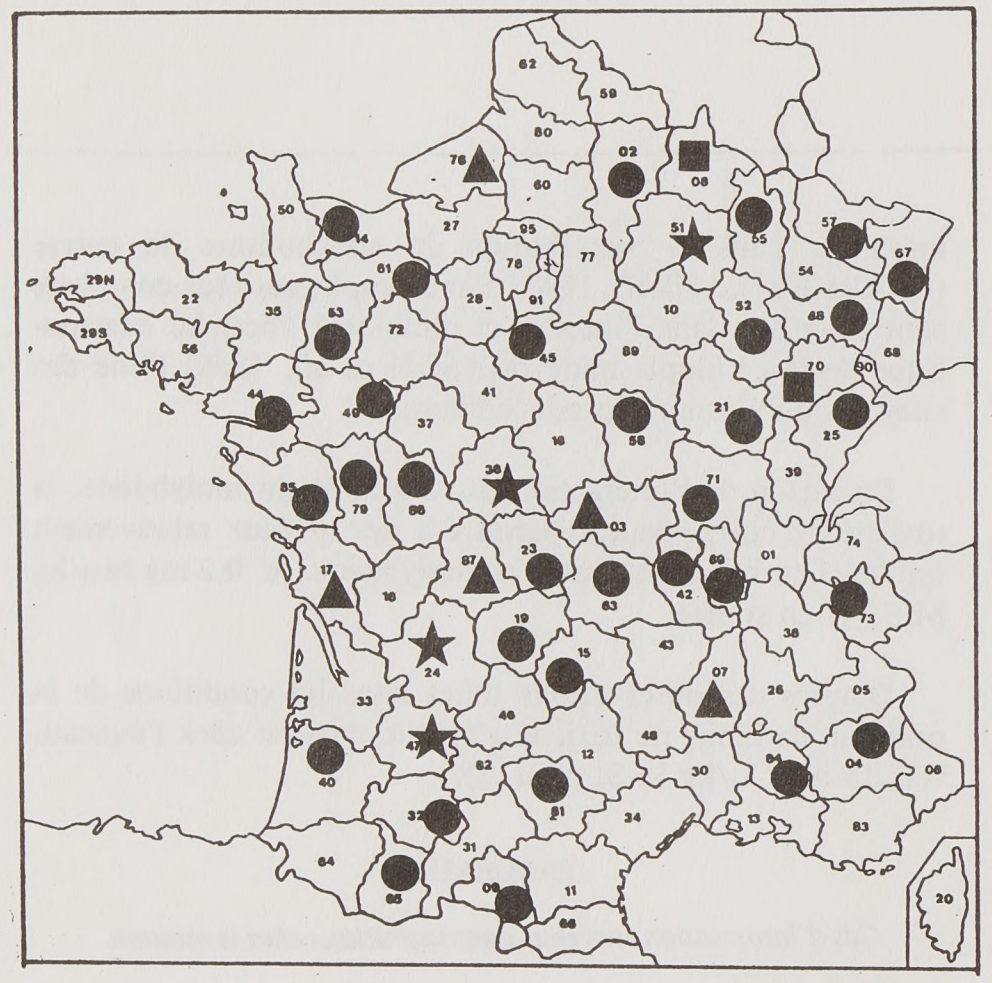
TABLEAU 2

Distribution du cuivre dans le foin de prairie naturelle première coupe
(450 échantillons provenant de toute la France)

Concentration en cuivre mg/kg M.S.	% des échantillons
< 5	44,2
5 - 7	49,5
> 7	6,3

FIGURE 1

Concentration et distribution géographique du molybdène dans les foins en France (mg/kg M.S.)



Dans le département, on trouve :

Foin de prairie naturelle (1ère coupe)
N = 200
x = 0,63

Foin de prairie artificielle (1ère coupe)
N = 41
x = 0,74

★ 1 échantillon < 0,1
▲ 1 " < 0,15
● Entre 0,15 - 3
■ 1 échantillon > 3

La faible concentration en molybdène des plantes fourragères aggrave les risques de toxicité du cuivre chez le mouton spécialement quand les prairies reçoivent du lisier de porc. Dans le ray-grass, le cuivre et le zinc s'élèvent à 20 mg Cu/kg M.S. et 150 mg Zn/kg M.S. lorsque les sols ont reçu des apports successifs de cuivre ou de zinc atteignant au total 500 kg/ha (COPPENET, 1980). Cette dose est la limite de la phytotoxicité c'est-à-dire la chute de productivité de la plante elle-même. Une porcherie de 70 porcs recevant une ration comportant 125 mg Cu/kg M.S. et 150 mg Zn/kg M.S. émet 50 m^3 de lisier par an, et si ce lisier est épandu sur 1 ha, il apporte 2,5 kg de cuivre et 2,7 kg de zinc par an et par hectare. Le sol recevant ce lisier sera donc toxique pour les plantes fourragères en 200 ans environ. Le risque principal réside donc surtout dans la contamination directe du fourrage par le lisier lui-même.

Par ailleurs le cuivre du lisier est aussi digestible par le mouton que celui du sulfate (SUTTLE et PRICE, 1976).

Aspects cliniques de l'intoxication

Symptômes

L'intoxication se déroule en deux phases :

1. Le cuivre s'accumule plus ou moins lentement dans le foie jusqu'à l'apparition de la crise hémolytique.

2. La deuxième phase est caractérisée par la libération brutale du cuivre hépatique dans le sang avec apparition d'hémolyse intense. La plupart des animaux meurent peu de temps après, en état d'ictère.

L'accumulation du cuivre dans le foie est d'autant plus rapide qu'il y a plus de cuivre et moins de molybdène et de soufre dans la ration.

Si les ingestions de cuivre sont proches de la limite toxique, la phase d'accumulation peut être très longue et ne comporter que le symptôme d'une anémie chronique.

Les symptômes et les lésions de l'intoxication par le cuivre ont été récemment passés en revue par SOLI (1980) (tabl. 3). Les symptômes les plus spécifiques sont : l'ictère hémolytique avec émission d'urine foncée, la nécrose rénale étant secondaire à l'hémoglobinurie.

TABLEAU 3

Evolution des symptômes cliniques de l'intoxication par le cuivre

	Sang	Foie	Rein	Autres organes
Phase d'accumulation	↑ des transaminases ↑ déshydrogénase lactique	↑ du cuivre		
Crise d'ictère hémolytique	↑ du cuivre ↑ méthémoglobine ↑ des corps de Heinz dans les érythocytes ↑ CPK ↓ Hémoglobine ↓ Glutathion	nécrose du foie	néphrose d'hémoglobinurie (rein gonflé hypertrophié et foncé)	urine brune ou foncée coloration ictérique (jaune) des organes et de la graisse

TABLEAU 4

Diagnostic de l'intoxication par le cuivre chez le mouton

Echantillon	*Paramètre*	*Limite*	*Remarques*
Ration	Cuivre Molybdène	> 15 mg/kg M.S. < 0,2 mg/kg M.S.	
Sang	Hématocrite Plasma coloré Cuivre plasmatique	< 30 % 130 μg/100 ml	 brun à distinguer d'une maladie infectieuse ou inflammatoire
Urine	Couleur		brune à foncée
Foie	Cuivre	1000 mg/kg M.S.	

Diagnostic

Chez le mouton, l'ictère hémolytique est le plus souvent dû à l'intoxication par le cuivre. L'intoxication doit être confirmée par l'analyse du cuivre de la ration et du cuivre hépatique des malades. Pour le foie, la limite de toxicité se situe vers 1000 mg Cu/kg M.S. (tabl. 4). Pendant la crise hémolytique, le cuivre plasmatique peut atteindre 130 μg/100 ml. Il faut cependant distinguer cette hypercuprémie d'un état infectieux ou inflammatoire. Mac COSKER (1968) a en effet montré qu'une inflammation obtenue par exemple avec une injection d'essence de térébenthine (abcès de fixation) peut doubler la cuprémie.

Si le niveau de molybdène de la ration est bas (< 0,2 ppm) un apport de cuivre de 15 mg/kg M.S. doit être considéré comme à la limite de la toxicité. En revanche, si la ration renferme plus de 0,2 mg/kg M.S. de molybdène, la limite de toxicité peut être portée à 20 mg Cu/kg M.S.

Traitement

Avant la crise d'hémolyse, il est possible de réduire considérablement les apports de cuivre, par exemple en mettant les animaux au pâturage sur une herbe jeune dont le cuivre est moins digestible ou en distribuant un fourrage pauvre en cuivre.

Les stocks hépatiques peuvent être déprimés par la supplémentation de la ration en soufre et molybdène. Une addition de 13 mg de molybdène (sous forme de molybdate d'ammonium) et de 3 g de soufre (en fleur) par kg de matière sèche peut être utilisée sans danger pendant 12 semaines (LAMAND *et al.*, 1980).

Selon BREMNER *et al.*, (1976), l'enrichissement en zinc de la ration (jusqu'à 420 mg Zn/kg M.S.) peut protéger contre l'intoxication par le cuivre. Le zinc en excès se comporte alors comme un antagoniste du cuivre.

En tous cas le traitement de l'intoxication par le cuivre, chez le mouton, doit être complété d'un traitement symptomatique des lésions hépatiques et rénales.

Références bibliographiques

BREMNER I., YOUNG B.W., MILLS C.F., 1976. Protective effect of zinc supplementation against copper toxicosis in sheep. *Brit. J. Nutr.*, **36**. 551-561.

CLARKE N.J., LAURIE S.H., 1980. The copper-molybdenum antagonism in ruminants. I. Formation of thiomolybdates in animal rumen. *J. Inorg. Biochem.*, **12**, 37-43.

COPPENET M., 1980. Communication personnelle.

MAC COSKER P.J., 1968. Observation on blood in the sheep. I. Normal copper status and variations induced by different conditions. *Res. Vet. Sci.*, **9**, 91-101.

LAMAND M., LAB C., TRESSOL J.C., MASON J.M., 1980. Biochemical parameters useful for the diagnosis of mild molybdenosis in sheep. *Ann. Rech. Vet.*, **11**, 141-145.

MASON J.M., LAMAND M., KELLEHER C.A., 1980. The fate of ^{99}Mo-labelled sodium tetrathiomolybdate after duodenal administration in sheep : the effect of caeruloplasmin (EC 1.16.3.1) diamine oxidase activity and plasma copper. *Br. J. Nutr.*, **43**, 147-149.

SOLI N.I., 1980. Chronic copper poisoning in sheep, a review of the literature. *Nord. Vet.*, **32**, 75-89.

SUTTLE N.F., PRICE J., 1976. The potential toxicity of copper rich animal excreta to sheep. *Anim. Prod.*, **23**, 233-241.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1981 (*44*) *9-12.*

Utilisation des protéines de luzerne par le veau préruminant

R. TOULLEC

avec la collaboration de

Michèle FORMAL, H. FLAGEUL et P. GAUCHET

Station de Recherches Zootechniques
Centre de Recherches de Rennes, I.N.R.A.
65, rue de Saint-Brieuc 35042 Rennes Cédex

La luzerne déshydratée constitue actuellement une part importante des ressources nationales de protéines pour l'alimentation animale (18 p.100 des protéines fournies par les matières premières riches en protéines, d'après INRA et ROBERT, 1980). Cependant, sa teneur en cellulose est trop forte (20 à 25 p.100), tandis que celle en protéines ne l'est pas suffisamment (18 à 20 p.100), pour qu'elle puisse apporter une proportion élevée des protéines dans les rations des monogastriques. Un produit nouveau, contenant environ 50 p.100 de protéines, est actuellement préparé industriellement en ''coagulant'' le jus de pressage de la luzerne fraîche. Ce concentrat est bien pourvu en acides aminés indispensables et peut remplacer le tourteau de soja dans les rations riches en céréales destinées au porc en croissance-finition (BOURDON *et al,* 1980). Nous avons étudié l'utilisation de ce produit par le veau préruminant, au cours de 2 essais dont le but était de mesurer la digestibilité des protéines et leur influence sur l'appétit, la croissance, l'efficacité alimentaire, le rendement à l'abattage et les caractéristiques de la carcasse.

Conditions expérimentales

1 - Mesure de la digestibilité

Deux échantillons de concentrats de luzerne (PX_1 et PX_1 délipidé), contenant respectivement 53,6 et 53,2 p.100 de protéines par rapport à la matière sèche, ont été comparés. Ces produits se distinguaient principalement par leurs teneurs en lipides (9,2 et 5,4 p.100) et en xantophylles (778 et 270 ppm). Ils étaient riches en matières minérales (16 p.100), particulièrement en calcium (5,0 p.100) et en fer (0,17 p.100) ; ils contenaient 1,8 et 1,6 p.100 de cellulose brute. Un broyage très fin (94 p.100 des particules $< 64\ \mu$) a été réalisé par attrition*.

* Attrition : broyage par choc et frottement des particules les unes contre les autres, grâce à des tourbillons, des changements de pression et des vibrations.

Au cours d'un essai préliminaire, le PX_1 a été introduit à des doses croissantes (9,3 - 18,6 - 27,1 et 35,0 p.100) dans l'aliment d'allaitement distribué à 6 veaux. Des refus importants ont été observés au-delà de 18,6 p.100 d'incorporation (respectivement 13 et 30 p.100 de refus avec 27,1 et 35,0 p.100 de PX_1). Il a donc été décidé de ne pas dépasser 18 p.100 de PX_1 dans les aliments préparés pour la mesure de la digestibilité (tabl. 1). Le PX_1 et le PX_1 délipidé ont fourni respectivement 37,7 et 37,0 p.100 de l'azote des aliments.

Six veaux mâles de race frisonne ont commencé à recevoir les aliments expérimentaux à partir de l'âge de 4 semaines. Les aliments ont été distribués en 2 repas par jour, apportant au total 58 g de matière sèche par kg de poids vif ^{0,75}. Quatre périodes de mesures de 5 jours ont eu lieu respectivement au cours des semaines 9, 11, 15 et 16. Trois des veaux ont d'abord reçu l'aliment PX_1 et les 3 autres l'aliment PX_1 délipidé. Les régimes ont été intervertis au cours de la semaine 12.

2 - Essai d'engraissement

Deux taux d'incorporation (8,8 et 13,2 p.100) ont été réalisés, de manière à ce que le PX_1 apporte environ 17 et 26 p.100 de l'azote présent sous forme d'acides aminés dans les aliments de croissance et 21 et 31 p.100 dans les aliments de finition (tabl. 1).

Quarante huit veaux mâles de race frisonne ont été achetés à l'âge d'environ 8 j. A l'issue des 12 premiers jours de présence, ils ont été répartis en 3 lots de 16 animaux (Témoin, PX_1A et PX_1B), compte-tenu de leur état sanitaire, de la valeur de leur hématocrite, de leur poids vif et de leur gain de poids vif depuis l'arrivée. L'aliment préexpérimental que les veaux ont reçu au cours des 12 premiers jours a alors été remplacé en 4 j par les aliments de croissance.

A l'issue de la 7ème semaine d'essai, les aliments de croissance ont été remplacés en 9 j par les aliments de finition. Le plan de rationnement utilisé a été très voisin de celui proposé par TOULLEC *et al.* (1978) pour la production de veaux de boucherie de 170 kg. Les quantités proposées à certains veaux qui ont eu un appétit moins satisfaisant que les autres (respectivement 1, 2 et 1 animaux dans les lots Témoin, PX_1A et PX_1B), ont été diminuées au cours de certaines semaines

TABLEAU 1

Composition des aliments **(p.100)**

Essai	Digestibilité		Engraissement					
Période			Croissance			Finition		
Aliment	PX_1	PX_1 délipide	Témoin	PX_1A	PX_1B	Témoin	PX_1A	PX_1B
Constituants (p.100)								
Suif	18,0	18,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0
Poudre de lait écrémé	42,3	42,3	68,3	56,1	50,0	57,0	44,7	38,6
PX_1 (1)	17,6	-	0	8,79	13,18	0	8,79	13,18
PX_1 délipidé (1)	-	17,25	-	-	-	-	-	-
DL Méthionine	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12
Lysine HCl	0,24	0,24	-	0,06	0,07	-	0,06	0,09
Lactose	17,36	17,71	0,88	5,71	7,02	1,21	5,32	6,31
Produits amylacés (2)	2,7	2,7	9,0	9,0	9,0	20,0	20,0	20,0
Mélanges de minéraux, de vitamines et d'antibiotiques	1,64	1,64	2,65	1,53	1,58	2,65	2,00	2,70
Résultats d'analyse (p.100 de MS)								
Matières azotées	24,7	24,4	25,5	25,9	26,0	21,9	21,8	21,7
Lipides	19,6	19,0	19,9	21,1	21,0	19,8	20,4	20,5
Matières minérales	7,3	7,2	7,2	6,6	7,2	6,5	6,8	7,2
Ca	1,40	1,40	1,25	1,15	1,24	1,00	1,03	1,18
P	0,56	0,55	0,95	0,78	0,54	0,82	0,66	0,67
K	1,06	1,07	1,30	1,15	1,20	1,14	1,10	1,10
Na	0,39	0,40	0,49	0,40	0,48	0,37	0,37	0,41
Mg	0,14	0,14	0,15	0,15	0,14	0,13	0,15	0,17
Cl (en Na Cl)	1,38	1,38	1,77	1,41	1,72	1,47	1,80	1,74
Fe	0,030	0,030	0,0018	0,0115	0,0169	0,0020	0,0113	0,0168

(1) France-Luzerne , 11 Rue de Madrid, 75008 PARIS

(2) Amidon de maïs prégélatinisé dans l'essai de digestibilité. Mélanges comprenant (en p.100) 11 de glucose, 22 d'amidon de maïs prégélatinisé, 28 d'amidon de maïs préhydrolysé et 39 d'amidon de blé cru dans les aliments de croissance, 22,5 de glucose, 10 d'amidon prégélatinisé, 45 d'amidon préhydrolysé et 22,5 d'amidon cru dans les aliments de finition.

pour éviter des refus excessifs ; les quantités totales offertes à ces veaux ont été ainsi respectivement diminuées de 2,5 (lot Témoin), 2,9 et 5,9 (lot PX_1A) et 6,2 p.100 (lot PX_1B). La durée totale de l'expérience a été de 99 j à partir de la mise en lots ; les animaux ont été abattus le 100 ème jour, environ 20 h après le dernier repas.

Résultats

1 - Mesure de la digestibilité

Aucun refus n'a été observé avec l'aliment PX_1 ; en revanche, 4 veaux sur 6 ont refusé une petite quantité d'aliment PX_1 délipidé (en moyenne 2,3 p.100 pour les 4 veaux). La croissance des animaux a été plus rapide lorsqu'ils recevaient l'aliment PX_1 (1190 g/j au lieu de 1080). L'efficacité alimentaire a également été plus satisfaisante avec le PX_1 (1,67 kg d'aliment/kg de gain de poids vif, au lieu de 1,84).

La digestibilité apparente de l'aliment PX_1 délipidé a été un peu moins élevée que celle de l'aliment PX_1 (tabl. 2) ; cependant, seule la différence observée pour les cendres a été significative. La digestibilité calculée pour l'azote total de la luzerne est de 0.68 pour le PX_1 et de 0,62 pour le PX_1 délipidé. Ces valeurs sont inférieures à celles que nous avons obtenues pour l'azote d'un tourteau de soja cuit (0,74), de concentrats protéiques de pomme de terre, de levures d'alcanes et de poisson de Norvège (0,83), d'un hydrolisat de poissons blancs ou de bactéries cultivées sur méthanol (0,91), du lactosérum concentré par ultrafiltration (0,94) et de la poudre de lait écrémé (0,95) (TOULLEC, THERIEZ et THIVEND, 1980).

TABLEAU 2

Résultats de l'essai de digestibilité
(moyennes et écarts-types des échantillons)

Aliment	PX_1	PX_1 délipidé
Nombre de périodes de mesures	12[1]	11
Digestibilité apparente		
Matière sèche	0,883 (0,021)	0,864 (0,030)
Matière organique	0,896 (0,020)	0,882 (0,029)
Azote total	0,849 (0,036)	0,829 (0,027)
Azote luzerne	0,681	0,625
Lipides	0,812 (0,050)	0,755 (0,095)
Cendres*	0,721 (0,048)	0,625 (0,061)
Extractif non azoté	0,955 (0,030)	0,958 (0,007)
N retenu		
p.100 de N absorbé	55,7 (8,4)	53,9 (7,2)
p.100 de N ingéré	48,6 (6,7)	44,9 (6,5)

* *différence significative* ($P < 0,001$)

2 - Essai d'engraissement

L'état sanitaire des veaux a toujours été excellent. Au cours des 7 premières semaines qui ont suivi la mise en lots, l'appétit des animaux a été satisfaisant (tabl. 3). Cependant, davantage de veaux ont fait des refus avec les aliments PX_1A et PX_1B qu'avec l'aliment Témoin. La croissance des animaux des lots PX_1A et PX_1B a été inférieure de 5,7 et 7,6 p.100 respectivement à celle des veaux du lot Témoin : en conséquence, la quantité de matière sèche consommée par kg de gain de poids vif a été supérieure de 4,8 et 7,2 p.100.

Au cours des 7 dernières semaines de l'essai, l'appétit des animaux est demeuré très satisfaisant, bien que les veaux des lots PX_1A et PX_1B aient eu tendance à refuser un peu plus que ceux du lot Témoin. La croissance des veaux des lots PX_1A et PX_1B a été inférieure respectivement de 5,5 et 6,2 p.100 à celle des veaux du lot Témoin ; la quantité de matière sèche consommée par kg de gain de poids vif a été supérieure de 6,3 et 8,1 p.100. Les différences observées en ce qui concerne la croissance et l'efficacité alimentaire entre les veaux du lot Témoin et ceux des lots PX_1A et PX_1B ont été significatives pour chacune des 2 périodes et pour l'ensemble de l'essai. En revanche, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre les 2 lots PX_1.

Les animaux des lots PX_1A et PX_1B ont été moins anémiés que ceux du lot Témoin, comme l'indiquent les valeurs de l'hématocrite observées avant l'abattage (tabl. 3). Le poids de leurs carcasses a été moins élevé et la compacité des carcasses, appréciée d'après le rapport poids/longueur, a été moins satisfaisante chez les veaux des lots PX_1A et PX_1B. Aucune différence significative n'a été observée entre les veaux du lot Témoin et ceux des lots PX_1A et PX_1B pour le poids du foie et celui des dépôts adipeux périrénaux. En revanche, ces derniers étaient beaucoup plus jaunes chez les veaux des lots PX_1A et PX_1B. Les seules différences significatives observées entre les veaux du lot PX_1A et ceux du lot PX_1B concernent la valeur de l'hématocrite et le rendement en carcasse qui ont été plus faibles chez les veaux du lot PX_1A.

TABLEAU 3

Résultats de l'essai d'engraissement
(moyennes et écarts-types des échantillons)

Lot *	Témoin	PX_1A	PX_1B
Poids vif (kg) :			
- à la mise en lots	49,1 (3,3)	49,1 (4,6)	49,1 (4,0)
- à la fin de l'essai	184,4 (8,0)ab	176,8 (10,7)a	175,2 (8,6)b
Gain de poids vif (g/j) :			
- P_1 (1)	1192 (77) aB	1124 (81)a	1102 (76)B
- P_2 (1)	1545 (81) ab	1460 (103)a	1449 (99)b
- $P_1 + P_2$	1367 (70) AB	1290 (76)A	1274 (80)B
Quantité de MS ingérée/kg de gain de poids vif (kg) :			
- P_1	1,19 (0,07)AB	1,25 (0,07)A	1,28 (0,08)B
- P_2	1,46 (0,07)AB	1,56 (0,09)A	1,58 (0,11)B
- $P_1 + P_2$	1,34 (0,06)AB	1,42 (0,07)A	1,45 (0,09)B
Nombre de veaux ayant refusé au moins une fois :			
- P_1	2	5	7
- P_2	3	3	4
Quantité moyenne d'aliment refusé (p.100 de la quantité proposée)			
- P_1	0,53	1,03	0,98
- P_2	0,20	0,56	0,57
Valeur de l'hématocrite 2 j avant l'abattage	25,2 (2,0)AB	27,1 (3,1)Aa	30,1 (2,2)Ba
Poids de carcasse (kg)	110,5 (4,9)AB	104,1 (7,7)A	103,6 (5,6)B
Rendement commercial (p.100)	60,5 (1,2)AB	59,4 (1,3)AC	59,8 (1,3)BC
Poids de carcasse/longueur de carcasse (kg/cm)	1,21 (0,05)AB	1,16 (0,07)A	1,17 (0,05)B
Poids du foie (2)	2,94 (0,27)	3,06 (0,22)	2,87 (0,23)
Poids des dépôts adipeux périrénaux (2)	2,06 (0,41)	2,20 (0,61)	2,07 (0,62)
Nombre de dépôts adipeux très jaunes	1	15	16

* Nombre d'animaux par lot : 16

(1) P_1 et P_2 : respectivement de 0 à 50 j et de 50 à 99 j après la mise en lots.

(2) En p.100 du poids de carcasse

Les valeurs de la même ligne accompagnées des mêmes lettres sont significativement différentes (a, b : $P < 0,05$ - A, B, C : $P < 0,01$) d'après le test de NEWMAN et KEULS.

Conclusion

La digestibilité des protéines du PX_1 est faible ; la délipidation semble avoir une influence défavorable. D'autres traitements technologiques (élimination des tanins et des glucides, hydrolyse enzymatique...) seraient donc nécessaires pour améliorer les résultats.

Le remplacement partiel des protéines du lait par celles du PX_1 dans les aliments d'allaitement distribués au veau de boucherie a des effets dépressifs plus ou moins marqués sur la croissance, l'efficacité alimentaire et la qualité de la carcasse. En particulier, la coloration jaune des dépôts adipeux ne permet guère d'envisager l'utilisation du PX_1 dans l'alimentation de ce type d'animal. Néanmoins, les effets observés sur la croissance et l'efficacité alimentaire étant relativement modérés, le PX_1 pourrait vraisemblablement apporter environ 20 à 25 p.100 des protéines dans les aliments d'allaitement pour veaux d'élevage. Signalons cependant que ce produit entraîne une coloration verte de l'aliment et des fèces, ce qui a pour conséquence une apparence moins propre des animaux.

Remerciements

A la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique, pour l'aide financière apportée à la réalisation de ce travail (convention n° 78 73045). A J.M. MELCION, Laboratoire de Technologie des Aliments des Animaux, I.N.R.A., Centre de Recherches de Nantes, pour les conseils fournis lors du broyage des concentrats de luzerne.

Références bibliographiques

BOURDON D., PEREZ J.M., HENRY Y., CALMES R., 1980. Valeur énergétique et azotée d'un concentré de protéines de luzerne, le PX_1, et utilisation par le porc en croissance-finition. *12èmes J. Rech. Porc. France,* 227-244.

I.N.R.A., CHARLES ROBERT S.A., 1980. *Tourteaux et autres matières riches en protéines, 1979.* Ed. I.N.R.A., BP 333, 94153 RUNGIS Cédex.

TOULLEC R., THERIEZ M., THIVEND P., 1980. Les aliments d'allaitement pour veaux et agneaux. *Rev. Mond. Zootech.,* 33, 32-42.

TOULLEC R., THIVEND P., VERMOREL M., GUEGUEN L., 1978. Veau préruminant. In : *Alimentation des Ruminants,* 245-274. Ed. I.N.R.A. Publications, 78000 VERSAILLES.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1981 (44) 13-16.

Utilisation des pailles de céréales par les génisses d'élevage *

A. HODEN

Laboratoire de la Production Laitière

Les génisses d'élevage destinées à un vêlage à 3 ans peuvent effectuer l'essentiel de leur croissance durant la saison de pâturage. Elles ont des besoins relativement limités pendant la période hivernale à la différence d'autres bovins (génisses destinées à un vêlage précoce, vaches laitières, boeufs ou taureaux de 2 ans...) conduits plus intensivement. Aussi, elles peuvent recevoir des fourrages de faible valeur nutritive comme les pailles (20 à 40 g MAT par kg) et les foins de graminées récoltés tardivement (50 à 90 g MAT par kg). Ces fourrages sont avant tout déficitaires en matières azotées (SKOURI, 1966 ; HODEN, 1972 ; DEMARQUILLY et PETIT, 1976) et ont aussi une valeur énergétique faible (0,40 à 0,50 UFL/kg MS) en raison de leur teneur élevée en membranes lignifiées (40 p.100 de cellulose brute) (DULPHY, 1979).

Les génisses âgées de 1 et 2 ans, recevant des pailles à volonté comme seul aliment, n'en ingèrent guère plus de 1,2 kg de matière sèche par 100 kg de poids vif (MS p.100 PV) et sont de ce fait sous-alimentées d'au moins 50 p.100 en énergie, matières azotées, minéraux et vitamines par rapport à leurs seuls besoins d'entretien (HODEN, 1972 et 1973 ; DEMARQUILLY et PETIT, 1976). Il est donc nécessaire d'effectuer une complémentation si l'on veut éviter qu'elles ne perdent du poids.

C'est pourquoi, à partir de l'ensemble des résultats des essais réalisés sur l'utilisation de la paille au Centre INRA de Theix et qui ont pour la plupart été publiés dans ce Bulletin Technique (voir références bibliographiques), nous essaierons de préciser les conditions d'emploi de ce fourrage ainsi que les performances zootechniques qu'il est possible d'en attendre.

Principales conditions expérimentales

Depuis 1972, 19 essais ont été réalisés ; ils portent sur un total de 525 génisses d'élevage de un (n = 321) et deux (n = 204) ans, de races laitières (173 HF, FF et HF × FF) et à viande ou rustiques (352 CH, SL, CH × Au). Tous ces animaux ont été conduits en stabulation libre par petits lots de 6 à 8 et ont reçu durant la période hivernale de la paille offerte *ad libitum*, soit comme seul fourrage (n = 239), soit en association avec un foin (n = 286) apporté en quantité limitée (1,5 à 3 kg). Par ailleurs les génisses ont toujours reçu une complémentation de façon à réaliser des gains de poids vif apparents (non corrigés pour les variations de contenus digestifs) de l'ordre de 500 g par jour pour les animaux de 1 an et de 200 g pour celles de 2 ans au cours de la saison hivernale. Nous avons ainsi été amenés à distribuer un aliment énergétique (maïs-grain dans la majorité des cas) permettant d'apporter l'équivalent de 2 à 2,5 UFL par jour et à effectuer un apport azoté par l'intermédiaire d'un tourteau ou d'un mélange (solide ou liquide) contenant de l'azote non protéique. La complémentation minérale a été réalisée de façon systématique en apportant chaque jour environ 100 g d'un composé adapté (8 P - 16 Ca + oligo éléments et vitamines) au type de fourrage et en mettant des pierres à sel à la libre disposition des animaux.

Les principaux résultats de ces essais présentés de façon synthétique figurent au tableau 1.

Résultats

La paille comme seul fourrage

Les génisses d'élevage (de 1 et 2 ans) ingèrent de 1,2 à 1,3 kg MS p.100 P.V. de paille (à environ 3 p.100 de M.A.T.) lorsqu'elles reçoivent par ailleurs une complémentation énergétique d'environ 2,5 UFL apportée sous forme de céréales (2 à 2,5 kg) et un apport azoté (tourteau ou ANP sous forme liquide ou solide) permettant d'obtenir une ration ayant une teneur en MAT de l'ordre de 10 p.100. Le niveau d'ingestion de la ration totale est voisin de 2,0 kg MS p.100 P.V. (tabl. 1). Ainsi, dans ces conditions, les génisses sont capables de

(*) Texte d'une communication présentée au Conseil Scientifique de l'ITEB - Commission "Génisses Laitières". Le 26 Février 1981.

TABLEAU 1

Principaux résultats obtenus sur l'utilisation des pailles par des génisses d'élevage

Age moyen des génisses	Numéros des références	Type de complément énergétique	Autre fourrage que paille	Nombre d'animaux	Poids vif moyen (kg)	Teneur en MAT (p.100)		Quantités ingérées (kg MS)				Gain de poids vif apparent (g/j) (2)
						Paille seule	Ration totale	Paille	Autre fourrage	Complément (céréales +divers 1)	Ration totale p.100 PV	
" 1 an " (350 à 400 j)	6-13-14 17	Céréales	-	113	299	2,8	10,1	3,7	-	2,3	2,0	450
	12-14	Céréales	1,5 kg foin	63	279	3,6	12,8	2,5	1,3	2,5	2,2	535
	19	Céréales	3 kg foin	145	343	3,2	12,9	1,8	2,7	1,7	1,8	680
" 2 ans " (720 à 770 j)	6-13-14 17	Céréales	-	126	442	3,2	9,0	6,0	-	2,6	1,9	180
	4-5-6 15-16	Ensilage de maïs, d'herbe ou de pulpes surpressées (3 kg MS)		78	460	3,7	11,1	4,1	3,0	0,9	1,7	260

(1) Divers = tourteau, complément azoté non protéique (solide ou liquide), minéraux ....

(2) Non corrigés pour les variations de contenus digestifs au cours d' l'hiver.

N.B. : Les résultats d'une ligne à l'autre n'ont pas été obtenus dans des essais comparatifs.

Résultats INRA - THEIX

consommer de 4 à 5 kg de paille bien conservée lorsqu'elles ont 1 an (250 à 300 kg de poids vif) et de 6 à 7 kg lorsqu'elles ont deux ans (400 à 450 kg). Ces résultats sont en accord avec les différentes revues bibliographiques effectuées sur le sujet (SKOURI, 1966 ; HODEN, 1972 et 1979 ; DEMARQUILLY et PETIT, 1976 ; DULPHY et PETIT, 1979).

Simultanément, les gains de poids vif apparents des animaux sont d'environ 450 g/jour lorsqu'ils ont 1 an et 200 g/jour à 2 ans. Dans certains cas, ces gains de poids vifs sont fortement surestimés en raison de l'augmentation importante (jusqu'à 3 kg MS) des quantités ingérées de paille au cours de l'hiver, surtout avec les jeunes animaux. Ainsi, nous avons observé une surestimation d'environ 200 g/j pour les génisses d'un an et de 50 à 100 g/j pour celles de 2 ans d'après les mesures que nous avons faites à même niveau d'ingestion (HODEN et JOURNET, 1978).

La paille associée à du foin :

La paille est souvent distribuée aux génisses avec un autre fourrage grossier. Elle est alors généralement associée à du foin qui est apporté en quantité limitée (2 à 3 kg). Avec des génisses de 1 an, il est ainsi possible d'obtenir des croissances apparentes d'environ 500 g/jour avec 1,5 kg de foin et d'un peu moins de 700 g/jour avec 3 kg, à condition cependant d'utiliser du foin de bonne qualité (10 à 16 p.100 de MAT dans nos essais) et d'apporter simultanément de 2 à 2,5 UFL sous forme de céréales. Les quantités ingérées de paille sont alors d'environ 3 kg avec un apport de 1,5 kg de foin et de 2 kg avec 3 kg de foin, de sorte que le niveau d'ingestion de la ration totale se maintient aux environs de 2 kg M.S. p.100 P.V. (tabl. 1).

Par ailleurs, avec des génisses de 1 an recevant 3 kg de foin et de la paille offerte à volonté, PETIT et TRILLAT (1977) ont obtenu des croissances moyennes de 560 g/jour avec 1,0 kg de concentré et 800 g/jour avec 2,8 kg de concentré. Ils ont ainsi eu une réponse d'environ 130 g de gain de poids vif journalier supplémentaire par kg de concentré (à 0,95 UFL/kg) apporté en plus. Simultanément, le taux de substitution entre la paille et le concentré a été en moyenne de 0,40. Il est intéressant de noter que DULPHY (communication personnelle) a obtenu sensiblement le même gain de poids vif supplémentaire avec l'apport d'un kg d'orge en complément d'une ration d'ensilage d'herbe apportée à des génisses d'un an dont la croissance était de 560 g/j.

La paille complémentée par des fourrages de haute valeur alimentaire

La complémentation énergétique (et en partie azotée) peut aussi être réalisée pour l'essentiel à partir de fourrages de haute valeur nutritive tels que des ensilages de maïs (avec ou sans urée) ou d'herbe, ou en utilisant des sous-produits industriels comme des pulpes surpressées de betteraves. Ces aliments sont alors apportés à raison d'environ 3 kg de MS, de façon à effectuer une complémentation énergétique de l'ordre de 2,5 UFL. En raison de leur encombrement plus important par rapport aux céréales pures (DULPHY *et al.*, 1977 ; HODEN et JOURNET, 1979), le niveau de consommation de paille est sensiblement diminué puisqu'il est alors inférieur à 1 kg M.S. p.100 kg P.V. au lieu de 1,2 à 1,3. Les gains de poids vifs apparents obtenus (350 g/jour environ) avec des génisses de 2 ans, semblent par contre tout à fait comparables et peut-être même légèrement supérieurs à ceux observés avec la complémentation réalisée avec des céréales (tabl. 1).

Conclusion

Nous nous sommes limités ici à résumer les principaux résultats que nous avions obtenus sur l'utilisation des pailles

par les génisses d'élevage (laitières et à viande). Ces données montrent qu'il est possible de bien valoriser les fourrages pauvres qui sont souvent mal utilisés. Les apports énergétiques et azotés ont correspondu dans nos essais aux recommandations de l'INRA, 1978. L'énergie apportée a été de 4 à 4,5 UFL par jour pour les génisses de 1 an et de 4,5 à 5 UFL pour celles de 2 ans. Les apports de PDI ont aussi été suffisants (400 à 450 g aux 1 an et 450 à 500 g aux 2 ans) avec généralement une utilisation de l'azote non protéique par l'intermédiaire d'un support solide ou liquide. La fourniture d'N fermentescible a été satisfaisante pour permettre une bonne activité de la population microbienne du rumen puisque les apports de PDIN ont été au moins égaux à ceux de PDIE.

Enfin, il est un principe qui reste valable en toutes circonstances : si les apports énergétiques peuvent être sensiblement restreints dans de nombreuses situations, les apports azotés, minéraux et vitaminiques doivent rester normaux. Ces derniers doivent être d'autant mieux équilibrés que la ration est à base de matières premières qui elles-mêmes sont souvent plus pauvres ou déséquilibrées que les fourrages usuels. Nous avions déjà attiré l'attention des utilisateurs sur ce point à l'occasion de la sécheresse de 1976 et nous présentons au tableau 2 des exemples de rations à base de pailles de céréales que nous avions proposés à cette occasion (ANDRIEU *et al.,* 1976).

TABLEAU 2

Exemples de rations à base de pailles de céréales pour les génisses d'élevage

- Extrait de ANDRIEU et al., 1976 -

Age, poids et gain de poids apparent attendu	"un an" 250 à 300 kg 400 à 500 g/j	"deux ans" 400 à 450 kg 200 à 300 g/j

I - Rations à base uniquement de paille comme fourrage.

Paille (à volonté) (kg)	4 à 5		6 à 7	
Source azotée	Protéique (tourteau)	ANP (urée)[1]	Protéique (tourteau)	ANP (urée)[1]
Céréales (kg)	1,8	2,2	2,0	2,5
Tourteau 44 (kg)	0,6	0	0,8	0
Minéraux purs (10-18 avec oligo-éléments)(g)	80	80	100	100

II - Rations comportant du foin ou de l'ensilage en plus de la paille.

Paille (à volonté) (kg)	2 à 3		3 à 4	
Type de fourrages	Foin	Ensilage	Foin	Ensilage
Foin (kg) (0,6 UFL et 100 g MAT/kg)	3	0	4	0
Ensilage d'herbe (kg) (20 % MS 0,75 UFL et 120 g MAT/kg MS)	0	15	0	20
Ensilage de maïs-urée[(2)] (kg) (25-30 % MS - 0,80 UFL et 120 g MAT/kg MS)	0	10	0	15
Céréales (kg)	1,5	1,5	1,5	1,5
Tourteau 44 (kg)	0,3	0	0,3	0
Minéraux purs (10-18 avec oligo-éléments)(g)	80	80	100	100

(1) Apport d'urée de façon fractionnée au cours de la journée par l'intermédiaire d'un support solide ou liquide (voir tableau VI de ANDRIEU et al., 1976).

(2) Enrichissement du maïs en urée à raison de 15 g/kg MS soit de 4 à 5 kg d'urée par tonne d'ensilage frais.

Références bibliographiques

ANDRIEU J., BERANGER C., DEMARQUILLY C., DULPHY J.P., GEAY Y., HODEN A., JARRIGE R., JOURNET M., LIENARD G., PETIT M., REMOND B., THERIEZ M., THIVEND P., LEGENDRE J., 1976. Alimentation des ruminants en période de pénurie fourragère. *Bull. Techn. CRZV Theix,* INRA, **25**, 65-89.

DEMARQUILLY C., PETIT M., 1976. Consultation technique de la F.A.O. sur les nouvelles sources d'aliments du bétail. n° 4, **6**, 61-86. 22-24 novembre. Rome.

DULPHY J.P., 1979. Valeur alimentaire des pailles traitées ou non *Bull. Techn. Inf.,* N° Spécial, 341-342, p. 319-335.

DULPHY J.P., 1980. Résultats non publiés de l'essai réalisé sur génisses de 2 ans à Orcival.

DULPHY J.P., ANDRIEU J., 1980. Valeur alimentaire des pailles traitées à la soude pour des génisses de deux ans. *Bull. Techn. CRZV Theix,* INRA, **39**, 11-14.

DULPHY J.P., GOMEZ CABRERA A., 1977. Utilisation des pailles traitées à la soude par les bovins. *Bull. Techn. CRZV Theix,* INRA, **30**, 23-34.

DULPHY J.P., PETIT M., 1979. Utilisation des pailles de céréales par les Ruminants. *Bull. Techn. Inf.* N° Spécial, 341-342, p. 337-349.

HODEN A., 1972. Aspects digestifs et métaboliques de l'utilisation de l'azote non protéique par les ruminants recevant des fourrages pauvres. Rapport bibliographique. D.E.A. d'Endocrinologie et de Nutrition. Université de Clermont-Ferrand.

HODEN A., 1972. Valeur alimentaire des fourrages pauvres pour les ruminants. Effet de la complémentation azotée. *Bull. Techn. CRZV Theix,* INRA, **12**, 7-11.

HODEN A., 1973. Alimentation azotée des bovins d'élevage et des troupeaux allaitants recevant des fourrages de faible valeur nutritive. *Journées d'information sur l'alimentation azotée des animaux,* 21-22 novembre, p. 123-126.

HODEN A., 1979. Modalités de complémentation en azote et en minéraux des régimes à base de pailles ou de fourrages pauvres. *Bull. Techn. Inf.* N° Spécial 341-342, p. 351-359 et étude ITEB n° 80026. Journée d'information INRA-ITEB du 19 Décembre 1978, p. 128-138.

HODEN A., 1979. Complémentation des rations à base de paille par des céréales associées ou non à une source d'azote. *Bull. Techn. CRZV Theix,* **38**, 43-46.

HODEN A., JOURNET M., 1978. Etude de la complémentation azotée non protéique dans le cas des rations à base d'ensilage de maïs ou de fourrages pauvres distribués à des génisses d'élevage. *Bull. Techn. CRZV Theix,* INRA, **33**, 11-18.

HODEN A., JOURNET M., 1978. Intérêt de l'incorporation des lignosulfites d'ammonium dans les mélanges liquides à base d'urée et de mélasse. *Bull. Techn. CRZV Theix,* INRA; **34**, 51-58.

HODEN A., JOURNET M., 1979. Les aliments liquides : possibilités offertes par l'utilisation de sous-produits industriels. *Bull. Techn. CRZV Theix,* INRA, **36**, 15-18.

HODEN A., JOURNET M., 1980. Aliments liquides à base de vinasse de levurerie et sans urée pour compléménter les rations de fourrages pauvres distribuées à des génisses d'élevage. *Bull. Techn. CRZV Theix,* INRA, **39**, 5-9.

HODEN A., JOURNET M., CROSSET-PERROTIN M., 1975. Essais d'utilisation de différents types de mélanges à base d'urée offerts en complément de rations de paille à des génisses d'élevage. *Bull. Techn. CRZV Theix,* INRA, **21**, 17-24.

INRA, 1978. *Alimentation des Ruminants.* INRA Publications - 78000 VERSAILLES.

PETIT M., TRILLAT G., 1977. Influence du niveau alimentaire entre 9 et 15 mois sur les performances de génisses de races rustiques ou à viande destinées à un vêlage précoce. *Bull. Techn. CRZV Theix,* INRA, **29**, 41-48.

SKOURI M., 1976. Valeur nutritive de la ration et comportement alimentaire du ruminant. Thèse de Docteur-Ingénieur, Paris. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agro. Tunisie,* **40**, 1-151.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, INRA, 1981 (44) 17-22.

Variations de la digestibilité de la ration et de quelques paramètres sanguins chez la vache laitière à proximité du vêlage

M. DOREAU, M. JOURNET, B. MARQUIS et A. OLLIER

avec la collaboration de

Jeanne FLECHET, Renée LEFAIVRE et Claire SORNET

Laboratoire de la Production Laitière

Chez la vache laitière à fort potentiel de production, les deux premiers mois de lactation se caractérisent par une évolution des besoins plus rapide que celle des apports alimentaires, ce qui conduit, au moins pendant les trois premières semaines, à un déficit énergétique et azoté : les besoins en énergie et en azote sont en effet maxima en moyenne en 2ème semaine de lactation. Pour combler ces déficits, la vache puise dans ses réserves corporelles ; d'où une modification du métabolisme en liaison avec les changements hormonaux survenant à cette période. Par ailleurs, l'accroissement des quantités ingérées peut perturber le déroulement de la digestion et ainsi accroître le déficit nutritionnel.

Aussi avons-nous voulu préciser les différentes évolutions des phénomènes digestifs et métaboliques par une étude descriptive à proximité du vêlage, et dégager quelques conséquences sur le rationnement. Pour cela, nous avons utilisé une ration complète (rapport constant entre fourrage et concentré), afin d'éliminer les variations dues aux changements de composition du régime.

Conditions expérimentales

Essai d'alimentation

8 vaches en stabulation entravée de type pie noir (HF et HF × FF), de numéros de lactation compris entre 2 et 8 (en moyenne 3,5) ont été utilisées de 3 semaines avant leur vêlage à 12 semaines après. Durant cette période, les animaux ont reçu 2 kg de foin de prairie naturelle de 2ème coupe et un mélange offert à volonté d'ensilage de maïs et d'aliment concentré (respectivement 60 et 40 p.100 sur la base de la matière sèche), enrichi par 2,4 p.100 d'urée et de minéraux (dans la proportion 50-50). La nature, la composition chimique et les valeurs énergétique et azotée des différents aliments sont portées dans le tableau 1. La ration était proposée en deux distributions journalières, environ à 9 h. et à 17 h.

TABLEAU 1

Composition chimique et valeur nutritive des aliments

Aliments	Foin	Ensilage de maïs (1)	Aliment concentré (2)
Teneur (en p.100 de la M.S.)			
- Matière organique	90,3	95,3	93,2
- Cellulose brute	27,0	18,3	9,1
- Amidon	-	32,1	36,8
- Matières azotées (Nx6,25)	15,0	7,5	18,3
Valeur nutritive(3) calculée par kg M.S.			
- UFL	0,79	0,85	1,06
- PDIN (g)	103	47	137
- PDIE (g)	96	69	157

(1) Teneur moyenne en M.S. : 38,5 p.100
Proportion moyenne de grains dans la M.S. : 46,7 p.100
(2) Composition (p.100) : maïs grain (40), pulpes de betteraves (16), orge (14), tourteau de soja tanné (10), tourteau de colza tanné (10), luzerne déshydratée (8), minéraux (2).
(3) D'après les tables de valeur nutritive des aliments (INRA, 1978).

La quantité de lait produite a été pesée tous les jours et les quantités ingérées ont été contrôlées individuellement 5 jours par semaine. Les taux butyreux et protéique du lait ont été déterminés 4 fois par semaine sur un échantillon pondéré des deux traites. Les animaux ont été pesés trois fois dans la semaine qui a suivi le vêlage, puis une fois par semaine ensuite. Des prises de sang à la veine jugulaire ont été effectuées par six fois à 15 h., entre les semaines -2 et + 11 par rapport au vêlage ; on a mesuré l'hématocrite et dosé le glucose, les acides gras non estérifiés, le 3-hydroxybutyrate et l'urée plasmatiques.

Essai de digestion

5 vaches (HF et HF × FF) en stabulation entravée et porteuses de canules du rumen et du duodénum ont reçu la même ration que les vaches de l'essai d'alimentation entre 4 semaines avant le vêlage et 6 semaines après. La digestibilité de la ration a été mesurée chaque semaine sur 5 jours ; la teneur en ammoniaque avant et 3 h. après la distribution d'aliments, ainsi que la teneur et la composition moyennes en acides gras volatils du liquide du rumen, ont été mesurées 2 fois par semaine. Les quantités de matière organique et d'azote passant par le duodénum ont été estimées en utilisant l'oxyde de chrome comme marqueur ; on a ainsi pu calculer les proportions de matière organique digérée dans le rumen ou l'intestin, et étudier la digestion de l'azote. Cet essai, dont nous donnons ici les grandes lignes, est présenté de matière plus détaillée dans un autre texte (DOREAU et REMOND, 1981).

Résultats et discussion

Essai de digestion

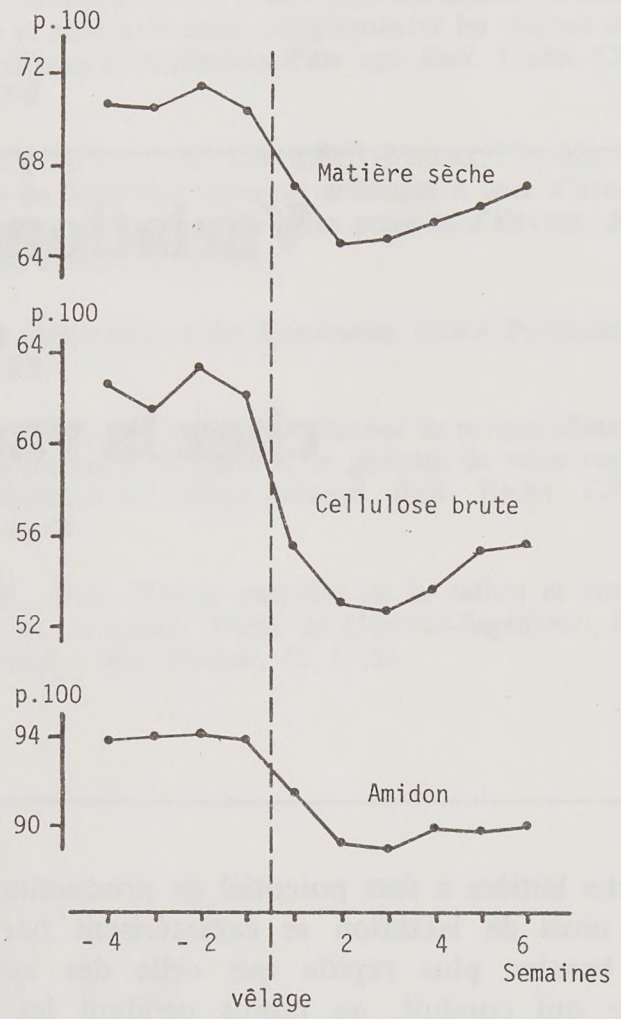
La digestibilité de la ration évolue avec le stade de lactation (Fig. 1).

La digestibilité de la matière sèche a diminué d'environ 7 points p.100 entre la 2ème semaine avant et la 2ème semaine après le vêlage. Elle a affecté principalement la cellulose brute (-11 points p.100), mais aussi l'amidon (-5 points p.100). La principale cause de cette chute est vraisemblablement l'augmentation des quantités ingérées, provoquant une accélération du transit digestif. Le niveau alimentaire (défini comme le rapport entre les quantités ingérées par l'animal et les quantités qu'il doit ingérer pour couvrir ses besoins d'entretien) est passé en effet de 2 à 3. Cependant, DULPHY et CARLE (résultats non publiés), pour un régime d'ensilage de maïs comprenant 30 p.100 de concentré, distribué à des vaches laitières en milieu de lactation, avaient observé une chute plus faible de digestibilité, de 4 points p.100 lorsque le niveau alimentaire augmentait d'une unité. Il est possible que dans notre essai elle ait été accentuée par la rapidité de l'augmentation des quantités ingérées, alors que l'accroissement de la capacité digestive du rumen (volume, développement épithélial) est plus lent.

D'autres facteurs peuvent agir sur les variations de digestibilité d'une même ration. Avec un régime à base d'ensilage d'herbe ou de foin comprenant 30 p.100 de concentré, la dépression de digestibilité en milieu de lactation pour une augmentation d'une unité d'ingestion n'est que de 1 à 3 points (DULPHY et CARLE, résultats non publiés). De plus, avec des rations à base de foin, les augmentations de quantités ingérées en début de lactation sont modérées et peuvent ne pas entraîner de variation de digestibilité aux alentours du vêlage (JOURNET, REMOND, 1976). En revanche, les chutes de digestibilité pourront être importantes : 1°) pour les régimes ingestibles à proportion élevée de concentré : l'effet du niveau d'ingestion est d'autant plus sensible que la part de concentré dans la ration est importante (VERMOREL, 1978) ; 2°) lorsque la nutrition azotée est insuffisante. L'influence de l'apport azoté sur la digestibilité des rations est plus importante

FIGURE 1

Digestibilité de différents constituants de la ration



pour des animaux à besoins élevés, qui sont en déficit azoté (VERITE, 1978).

La teneur et la composition du mélange des AGV du rumen sont peu modifiées, malgré l'augmentation des quantités ingérées.

La teneur moyenne a été de 70 à 80 mM/l, avec des proportions respectives d'acétate, propionate et butyrate de 65, 18 et 12 p.100. L'absence de variation avec le stade physiologique (le pourcentage de concentré restant constant) est confortée par des observations sur 2 animaux : alors que la matière organique ingérée est passée de 12 à 19 kg/jour, la matière organique digérée dans le rumen est restée comprise entre 7 et 8 kg/jour. La matière organique digérée dans l'intestin est passée en revanche de 2 à 5 kg/jour. Ces données suggèrent que : 1°) la chute de digestibilité est due à une diminution de la part de digestion dans le rumen, tant des constituants pariétaux que de l'amidon ; 2°) la digestion de l'amidon se poursuit dans l'intestin grêle, ce qui compense partiellement la diminution de sa digestion dans le rumen.

La teneur minimale en ammoniaque du rumen diminue considérablement en début de lactation

La teneur prise avant repas est passée de 70 mg/l en fin de gestation à 20 mg/l en début de lactation. Cette valeur est très faible : la concentration minimale pour ne pas limiter la croissance microbienne est estimée à 50 mg/l (INRA, 1978). Or, la ration apporte environ 135 g de matières azotées fermentescibles par kg de matière organique digestible, ce qui est théoriquement suffisant pour couvrir les besoins en azote des microorganismes. Les faibles teneurs en ammoniaque sont à mettre en rapport avec l'importance du déficit azoté et la

faible production d'urée endogène, en raison d'une urémie faible.

La teneur en ammoniaque 3 heures après la distribution d'aliments, de l'ordre de 300 mg/l, a peu varié avec le stade physiologique. Il semble ainsi que, lors du maximum de digestion dans le rumen, la teneur en ammoniaque ne soit pas un facteur limitant.

Les quantités d'azote arrivant dans l'intestin grêle sont peu modifiées par le stade physiologique.

Les équations de prédiction des flux d'azote arrivant dans l'intestin grêle (JOURNET et VERITE, 1979) surestiment légèrement le flux en fin de gestation et le sous-estiment en début de lactation, les écarts entre flux observés et produits ne dépassant pas 20 p.100. Bien que ce résultat, obtenu sur 2 animaux, reste à confirmer, il suggère que le système PDI s'applique à proximité du vêlage sans biais notable. Par ailleurs, nous avons observé que les parts d'azote d'origine alimentaire et d'origine microbienne semblaient peu varier avec le stade physiologique.

Essai d'alimentation

Production laitière et quantités ingérées (Fig. 2 et tabl. 2)

Le démarrage de la lactation a été très bon : l'augmentation de la quantité de lait entre la production ''initiale'' (moyenne des 4ème, 5ème et 6ème jours) et la moyenne des productions maximales hebdomadaires individuelles a été de 8,6 kg, ce qui traduit une bonne extériorisation du potentiel de production, si on se refère aux résultats de HODEN (1978) obtenus sur l'ensemble de notre troupeau. La production moyenne maximum hebdomadaire a été de 33 kg par jour en 5ème et 6ème semaine de lactation, puis a décru avec un coefficient de persistance de 89 p.100 par mois environ.

Les quantités de matières grasses produites ont été maximales en 3ème et 4ème semaine de lactation (1235 g/j), puis ont diminué jusqu'à 1000 g/j environ en 11ème-12ème semaine. Les quantités de protéines produites, maximales en 2ème semaine (930 g/j) sont restées supérieures à 900 g/j jusqu'en 6ème semaine avant de décroître jusqu'à 800 g/j en 11ème-12ème semaine.

Les quantités ingérées ont été maximales en 8ème semaine de lactation (18 kg de MS) après avoir augmenté de 7 kg de MS par rapport à la première semaine. L'accroissement a été important surtout au cours des 4 premières semaines (79 p.100 de l'accroissement total). Il doit être attribué à l'ingestibilité élevée de la ration à base d'un ensilage de maïs à teneur en matière sèche élevée et riche en grains.

Bilans énergétique et azoté, variations de poids vif (Fig. 3) :

Le bilan énergétique a été calculé de deux manières :

Méthode 1 - D'après les valeurs des aliments figurant sur les tableaux de valeur nutritive, en effectuant des corrections pour tenir compte du pourcentage de concentré et du niveau d'alimentation (INRA, 1978). La concentration énergétique moyenne de la ration a été de 0,89 UFL par kg de M.S.

FIGURE 2

Production laitière et quantités ingérées

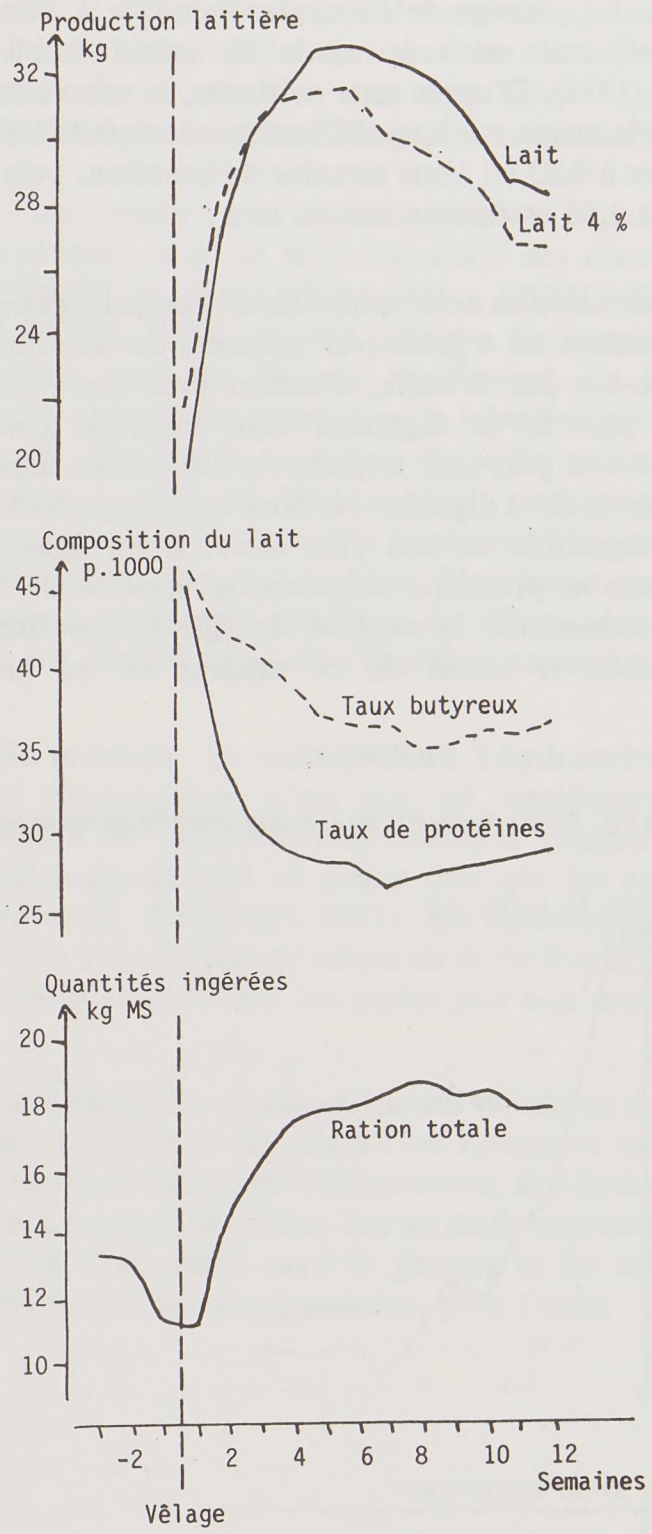


TABLEAU 2

Résultats zootechniques moyens journaliers des 8 vaches au cours des 12 premières semaines de lactation

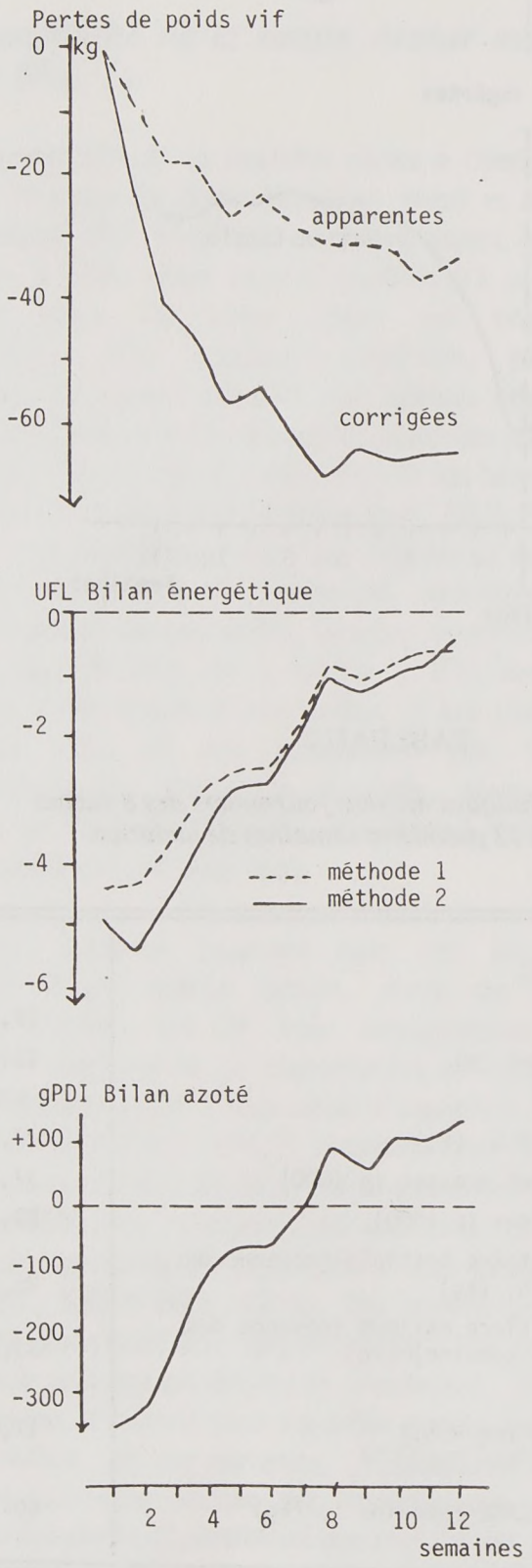
PRODUCTION LAITIERE	
Lait (kg)	29,7
Matières grasses (g)	1126
Protéines (g)	870
Lait à 4 % de M.G. (kg)	28,7
Taux de matières grasses (p.1000)	37,9
Taux de protéines (p.1000)	29,3
Production laitière initiale (moyenne des jours 4 - 5 - 6) (kg)	25,1
Production laitière maximum (moyenne des maxima sur une semaine) (kg)	33,7
QUANTITES INGEREES (kg M.S.)	17,0
POIDS VIF APRES VELAGE (semaine 1) (kg)	607

Méthode 2 - D'après les résultats réels de digestibilité de la ration obtenus sur les animaux de l'essai de digestion, en supposant que la digestibilité lors des semaines 7 à 12 était la même que lors de la semaine 6, dernière semaine de mesure dans cet essai. Le passage de l'énergie digestible à l'énergie nette a été effectué selon le mode de calcul établi par VERMOREL (1978). D'après cette méthode, la concentration énergétique de la ration par kg de MS est passée de 0,91 UFL en fin de gestation à 0,83 en 2ème semaine de lactation, puis s'est accrue jusqu'à 0,88 en 6ème semaine.

La différence entre les deux méthodes est comprise entre 0,5 et 1,1 UFL pendant les 4 premières semaines de lactation, et devient négligeable par la suite, d'autant plus que l'accroissement de la part de la digestion dans l'intestin conduit probablement à une part plus importante du glucose dans les produits terminaux de la digestion, et donc à un rapport énergie nette/énergie digestible un peu plus élevé. Il est également possible que dans les premières semaines de lactation, la 2ème méthode ait sous-estimé le rapport énergie métabolisable/ énergie digestible, le calcul de ce rapport lié au niveau d'alimentation ne prenant pas en compte les particularités digestives (chute de digestibilité) de cette période. On peut donc conclure que les calculs de bilan énergétique à partir des tables conduisent en début de lactation à une surestimation des apports faible et de courte durée.

FIGURE 3

Pertes de poids vif, bilans énergétique et azote calculés après le vêlage



Le bilan UFL, fortement négatif dans les 3 premières semaines de lactation (-4 à -5 UFL par jour), a présenté un déficit inférieur à 1 UFL à partir de la 8ème semaine, mais est resté négatif jusqu'à la fin de l'essai alors que les quantités ingérées étaient déjà stabilisées.

Le bilan PDI est resté négatif jusqu'en 7ème semaine de lactation. Les données récentes sur l'alimentation azotée des vaches en début de lactation (VERITE, 1978 ; JOURNET et REMOND, 1981) permettent de penser qu'une meilleure nutrition azotée au début de la lactation aurait d'une part stimulé la production laitière et d'autre part permis un niveau d'ingestion plus élevé.

Les pertes de poids vif en début de lactation ont été corrigées afin de tenir compte de l'augmentation du contenu digestif, estimée à 4,5 kg par kg de matière sèche ingérée (PITON, 1975). Elles ont surtout été importantes durant les 4 premières semaines de lactation (-57 kg) puis se sont stabilisées aux environs de -65 kg durant le 3ème mois de lactation. Ce résultat montre une mobilisation importante des tissus corporels face à la sous-alimentation énergétique élevée, fréquente chez les animaux à haut potentiel pour des types de ration très différents (REMOND et JOURNET, 1978 ; REMOND, PATIL, JOURNET, 1979). Dans notre essai, la valeur énergétique du kg mobilisé (rapport sur la période étudiée du déficit cumulé en UFL aux pertes de poids vif vide) a été de 3,5 UFL.

Evolution de quelques constituants sanguins (Fig. 4, tabl. 3)

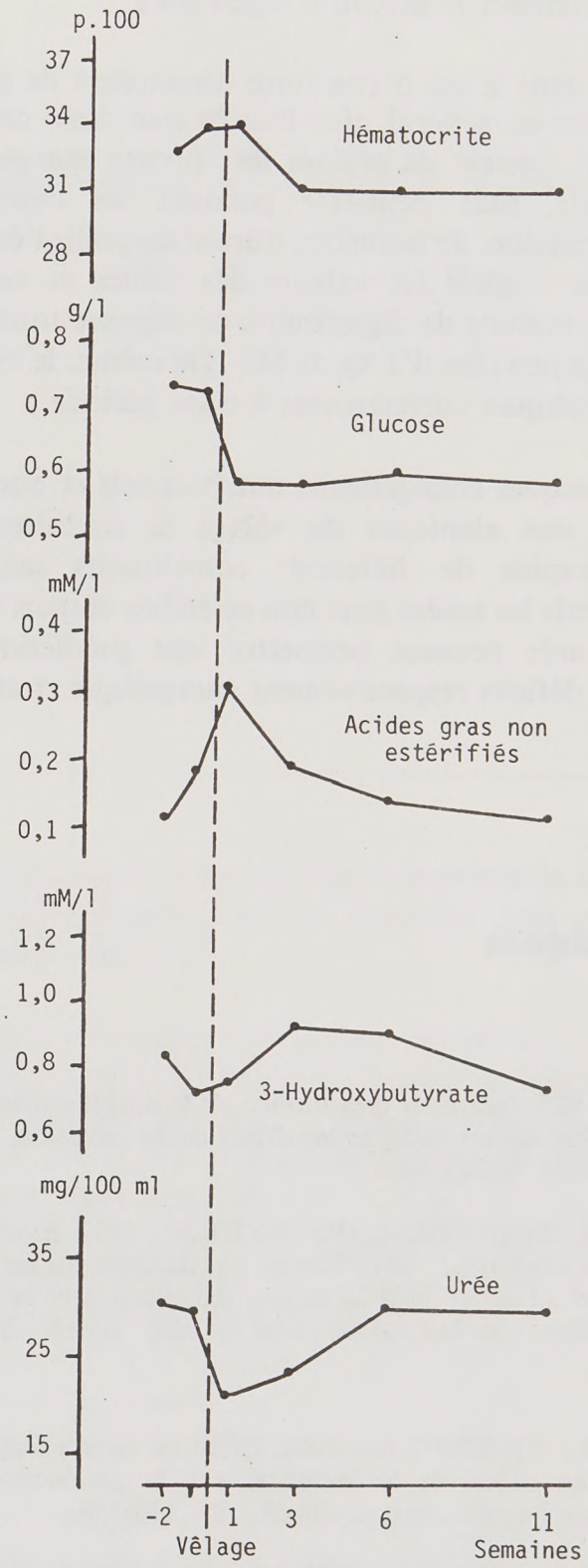
Les variations de concentration de constituants sanguins sont fréquemment utilisées pour diagnostiquer des états pathologiques ou des déséquilibres nutritionnels sur de longues périodes, à l'échelle de la saison ou de l'année : cf. MICHEL, 1978. Cependant, les variations de certains d'entre eux traduisent également des variations à plus court terme, imputables à des déséquilibres nutritionnels instantanés, à l'échelle de la journée ou de la semaine, ou à des modifications d'état physiologique. Ainsi, nous avons observé au cours de la période que nous avons étudiée une évolution significative de 4 constituants :

- *l'hématocrite*, signe d'anémie, pour lequel une valeur trop faible peut indiquer un déséquilibre nutritionnel (carence en cobalt..., MICHEL, 1981), a diminué de près de 3 points p.100 en début de lactation par rapport à la fin de gestation. Ces variations, déjà constatées par ROWLANDS *et al.* (1975), sont difficiles à interpréter : peut-être sont-elles dues à une diminution passive due à l'accroissement du volume plasmatique, mis en évidence à cette période par SYKES et FIELD (1974) ;

- *l'urée*, témoin de la nutrition azotée ''instantanée'', a diminué fortement dans les premières semaines de lactation, puis est revenue aux valeurs initiales dès la 6ème semaine. Les teneurs en urée après vêlage (animaux et stades confondus) ont été corrélées au bilan PDI (r = 0,43 ; n= 32 ; P 0,05). La liaison est cependant peu étroite car le devenir de l'urée (excrétion urinaire...) dépend du bilan entre apports et besoins azotés ;

FIGURE 4

Evolution de quelques critères sanguins



- *le glucose*, généralement peu variable, sauf en cas de déficit énergétique prononcé, est passé de plus de 0,7 g/l à moins de 0,6 g/l entre la fin de gestation et le début de lactation. Cette chute peut traduire l'important déficit en glucose et en composés glucoformateurs (propionate, certains acides aminés) en début de lactation, alors que les besoins en glucose de la mamelle sont très élevés. La glycémie n'a cependant pas été liée à l'importance du déficit énergétique.

- *les acides gras non estérifiés*, témoins du bilan énergétique, donc de la mobilisation des réserves corporelles (DECAEN et JOURNET, 1967 ; REMOND, TOULLEC, JOURNET, 1973), ont été maxima en première semaine de lactation, puis ont diminué rapidement. En lactation, on a observé une relation étroite avec le bilan énergétique ($r = -0,74$ $n = 32$; $P<0,001$). La teneur en acides gras non estérifiés a d'une part augmenté dès la dernière semaine de gestation, et d'autre part diminué entre la première et la troisième semaine de lactation, alors que le bilan énergétique variait peu ; les teneurs à proximité immédiate du vêlage sont probablement liées aux modifications de l'équilibre hormonal.

En revanche, les variations du 3-hydroxybutyrate avec le stade physiologique n'ont pas été significatives. Ce corps cétonique est habituellement considéré comme témoin de la nutrition énergétique au même titre que les acides gras non estérifiés (cf. BOWDEN, 1971). Ses variations sont cependant difficiles à interpréter en raison de sa double origine : butyrate absorbé et dégradation des acides gras non estérifiés.

Le tableau 3 résume l'origine des variations des constituants étudiés à proximité du vêlage : les variations individuelles ont été prépondérantes pour l'hématocrite, le 3-hydroxybutyrate et l'urée. La part de variation due au stade physiologique a été en revanche importante pour le glucose et les acides gras non estérifiés et, à un degré moindre, pour l'urée.

TABLEAU 3

Constituants sanguins : parts de variation dues au stade physiologique et à l'animal

	Moyenne et écart-type	Analyse de variance à 2 voies (test F) (1)		Part de la variance expliquée (p.100) (2)	
		Effet stade physiologique	Effet animal	Effet stade physiologique	Effet animal
Hématocrite (p.100)	32,0 ± 3,0	3,70**	7,72**	17,2	50,2
Glucose (g/l)	0,632 ± 0,089	18,06**	4,30**	58,1	19,4
Acides gras non estérifiés (mM/l)	0,176 ± 0,109	7,67**	2,78 *	41,3	21,0
3-hydroxybutyrate (mM/l)	0,823 ± 0,271	1,29	4,27**	9,0	41,9
Urée (mg/100 ml)	27,9 ± 7,5	10,95**	9,89**	34,4	43,5

*(1) 8 animaux, 6 stades ** $P < 0,01$ * $P < 0,05$*

(2) Rapport de la somme des carrés des écarts du facteur considéré à la somme totale des carrés des écarts.

Conclusion

Cet essai a permis de préciser à proximité du vêlage les évolutions de la production laitière, des quantités ingérées et des bilans énergétique et azoté sur un régime de composition constante à base d'ensilage de maïs, et de montrer les modifications digestives et métaboliques survenant à cette période. Plusieurs constatations se dégagent :

- un tel régime, malgré la qualité des fourrages utilisés, la proportion assez élevée d'aliment concentré et une distribution à volonté, ne permet pas d'éviter un déficit énergétique important se traduisant par la mobilisation intense de tissus corporels. Dans cet essai, les quantités ingérées se sont pourtant accrues rapidement après le vêlage, mais elles se sont stabilisées à un niveau relativement modeste (18 kg de MS). Il est à noter que ce régime n'évitait pas en début de lactation un déficit azoté important, et qu'une meilleure nutrition azotée aurait pu améliorer le niveau d'ingestion ;

- même dans le cas d'une forte diminution de digestibilité (qui doit être en général plus limitée que dans cet essai), le système UFL permet de prévoir les apports énergétiques sans biais notable, sauf peut-être pendant les deux ou trois premières semaines de lactation, durant lesquelle l'écart entre le bilan estimé d'après les valeurs des tables et celui calculé d'après les résultats de digestibilité ne dépasse toutefois pas 1 UFL, soit un peu plus d'1 kg de MS. De même, le système PDI semble s'appliquer correctement à cette période ;

- les brusques changements nutritionnels et hormonaux se produisant aux alentours du vêlage se traduisent par une évolution rapide de différents constituants sanguins. Cependant, seuls les acides gras non estérifiés et dans une mesure moindre l'urée peuvent permettre une prédiction approximative des déficits respectivement énergétique et azoté.

Références bibliographiques

BOWDEN D.M., 1971. Non esterified fatty acids and ketone bodies in blood as indicators of nutritional status in ruminants : a review. *Can. J. Anim. Sci.,* **51**, 1-13.

DECAEN C., JOURNET M., 1967. Evolution, au début de la lactation, de la sécrétion des principaux acides gras du lait et de la concentration en acides gras libres du sang chez la vache. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.,* **10**, 659-677.

DOREAU M., REMOND B., 1981. Comportement alimentaire et utilisation digestive d'une ration de composition constante chez la vache laitière en fin de gestation et début de lactation. *Reprod. Nutr. Dévelop.* **21** (accepté pour publication).

HODEN A., 1978. Rationnement au début de la lactation. in *La Vache Laitière,* 183-197, Ed. INRA Publications, Versailles.

INRA, 1978. *Alimentation des Ruminants*. Ed. INRA Publications, Versailles.

JOURNET M., REMOND B., 1976. Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows : a review. *Livest. Prod. Sci.,* **3**, 129-146.

JOURNET M., VERITE R., 1979. Predicting equations of N duodenal flow in dairy cattle. Effects of level of feeding and proportion of concentrate in the diet. *Ann. Rech. Vet.,* **10**, 303-306.

JOURNET M., REMOND B. 1981. Response of dairy cows to protein level in early lactation. *Livest. Prod. Sci.,* **8**, 21-35.

MICHEL M.C., 1978. Utilisation des profils métaboliques dans l'élevage bovin. 1°) Réalisation et interprétation. *Bull. Techn. CRZV Theix,* **32**, 43-50.

MICHEL M.C., 1981. L'anémie chez les ruminants. *Bull. Techn. CRZV Theix,* **43**, 27-30.

PITON J., 1975. *Intérêt et importance de la mobilisation des réserves corporelles des vaches laitières au début de la lactation.* Thèse Doct. Spécialité, Univ. Montpellier.

REMOND B., TOULLEC R., JOURNET M., 1973. Evolution chez la vache laitière des teneurs de différents constituants du sang à la fin de la gestation et au début de la lactation. Relations avec la sécrétion des matières grasses du lait. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.,* **13**, 363-380.

REMOND B., JOURNET M., 1978. Effet du niveau d'apport azoté à des vaches au début de la lactation sur la production laitière et l'utilisation de l'azote. *Ann. Zootech.,* **27**, 139-158.

REMOND B., PATIL B.R., JOURNET M., 1979. Etude d'un régime complet riche en aliment concentré pour vaches laitières fortes productrices. *Bull. Techn. CRZV Theix,* **35**, 37-43.

ROWLANDS G.J., MANSTON R., POCOK R.M., DEW S.M., 1975. Relationship between stage of lactation and pregnancy and blood composition in a herd of dairy cows and the influences of seasonal changes in management on these relationships. *J. Dairy Res.,* **42**, 349-362.

SYKES A.R., FIELD A.C., 1974. Seasonal changes in plasma concentrations of proteins, urea, glucose,calcium and phosphorus in sheep grazing a hill pasture and their relationship to changes in body composition. *J. Agric. Sci.,* **83**, 161-169.

VERITE R., 1978. Rationnement azoté. In : *La Vache Laitière,* 183-197, Ed. INRA, Publications, Versailles.

VERMOREL M., 1978. Nouvelles recommandations énergétiques. Les unités fourragères "Lait" (UFL). In : *La Vache Laitière,* 99-120, Ed. INRA Publications, Versailles.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A., 1981 (44) 23-31.

Variations de la capacité d'ingestion des bovins en croissance et à l'engrais

D. MICOL, C. BERANGER

Laboratoire de la Production de Viande

La connaissance des variations et la prévision des quantités volontairement ingérées par les animaux sont nécessaires à l'établissement des rations.

Les quantités d'aliments ingérées varient à la fois avec les caractéristiques de l'animal et avec les caractéristiques des aliments. En ce qui concerne l'animal, les principaux critères sont le poids, l'état d'engraissement, la race, le sexe et la forme de la courbe de croissance selon le système de production retenu. De nombreux autres facteurs indépendants de l'animal ou de l'aliment jouent un rôle déterminant sur l'ingestion tels que l'état sanitaire, les conditions de conduite, les habitudes alimentaires et l'environnement général. On ne retiendra dans cette présentation que les facteurs de variation des quantités ingérées dépendant directement de l'animal.

Malgré l'ensemble considérable de données disponibles sur les quantités ingérées, les variations liées à l'aliment sont si importantes qu'il est difficile de dégager clairement les variations de quantités ingérées dépendant seulement de l'animal. On ne peut utiliser que les données correspondant à des animaux recevant la même ration ou bien exprimer les quantités ingérées dans une unité indépendante de la nature des aliments comme c'est le cas avec le système des Unités d'Encombrement pour les Bovins (UEB).

I - Variations des quantités ingérées entre animaux

On a essayé dans ce premier chapitre de dégager les principaux facteurs de variations des quantités volontairement ingérées par les bovins en croissance et à l'engrais. Pour ce faire, on a utilisé les données disponibles pour des animaux de catégories différentes recevant des rations identiques. Cependant, l'ensemble de ces références est assez réduit, le nombre d'animaux est souvent faible, l'hétérogénéité des régimes utilisés ne permet pas des regroupements importants.

L'essentiel de ce texte a été présenté à l'occasion du Séminaire organisé par la C.E.E. à Theix, en Novembre 1979, et publié en anglais dans le compte rendu correspondant : Numéro hors série, 1980, des Annales de Zootechnie "Apports énergétiques et azotés recommandés pour les bovins en croissance et à l'engrais", 29, 209-226.

1 - Evolution des quantités ingérées avec le poids et l'état d'engraissement

Un animal donné accroît ses quantités volontairement ingérées avec son poids, mais pas de façon constante. Ainsi, le niveau d'ingestion exprimé sous la forme du pourcentage du poids vif diminue avec celui-ci ; ce mode d'expression permet d'atténuer l'amplitude des variations des quantités ingérées. D'une manière générale, le niveau d'ingestion est souvent rapporté au poids métabolique ($P^{0,75}$) et semble diminuer de façon régulière avec le poids vif. Cependant, jusqu'à présent, à notre connaissance, il n'a pas été proposé d'expression mathématique simple du niveau d'ingestion en fonction du poids qui permette d'obtenir une valeur constante quel que soit le poids de l'animal.

De façon générale, la forme d'évolution des quantités ingérées par kg de poids métabolique ($MS/P^{0,75}$) en fonction du poids, demeure très variable (fig. 1). Il est cependant possible pour un animal donné recevant un type de régime défini, de préciser la relation générale entre le niveau d'ingestion ($MS/P^{0,75}$) et le poids en utilisant un nombre suffisant de données. A titre d'exemple, la figure 2 illustre cette évolution pour des taurillons laitiers entre 150 et 550 kg.

L'état d'engraissement qui augmente avec le poids vif (fig. 3) peut aussi entraîner, peut-être, une diminution du niveau d'ingestion ($MS/P^{0,75}$) avec le poids vif par l'intermédiaire d'une régulation métabolique de l'ingestion.

Il est cependant impossible de séparer, pour un même animal, les effets de l'augmentation simultanée du poids vif et de l'état d'engraissement. Il faudrait, au sein d'un nombre important d'animaux de mêmes caractéristiques et de poids voisins, utiliser les variabilités individuelles des dépôts adipeux et des quantités volontairement ingérées pour dégager une

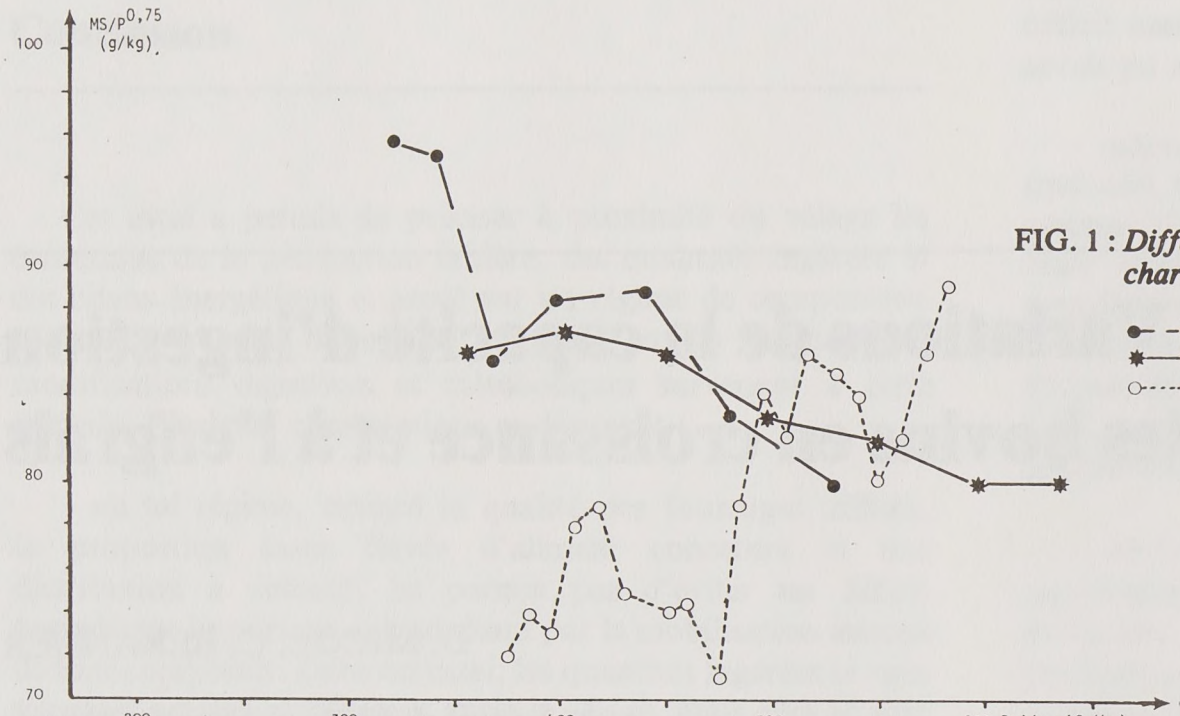


FIG. 1 : *Différentes évolutions des quantités ingérées par des taurillons charolais pendant l'engraissement.*

●—●75 p.100 d'ensilage de maïs - 25 p.100 de concentré (Bonsembiante, sous presse)
✱—✱75 p.100 d'ensilage de maïs - 25 p.100 de concentré (Geay, non publié)
○----○90 p.100 de concentré - 10 p.100 de foin (Geay, 1979)

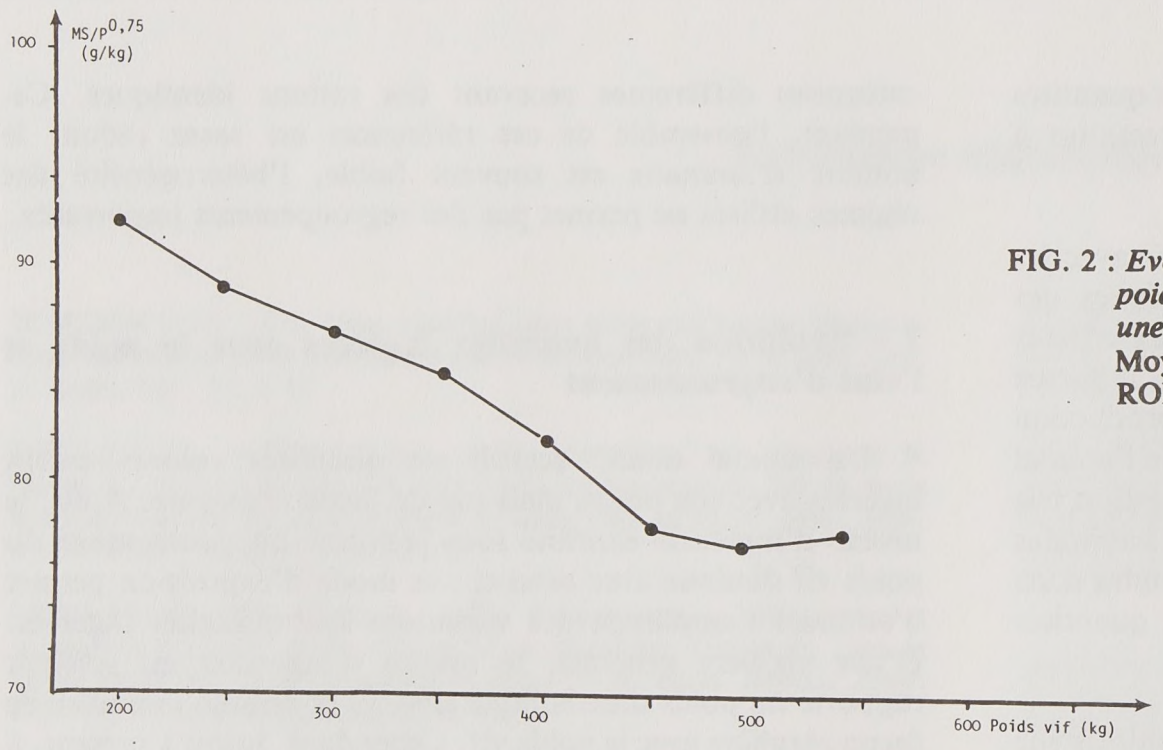


FIG. 2 : *Evolution des quantités ingérées ($MS/P^{0,75}$) en fonction du poids vif pendant l'engraissement de taurillons laitiers recevant une ration d'ensilage de maïs (75 p.100)*
Moyenne obtenues à partir de 5 à 20 taurillons (GEAY, ROBELIN, MICOL, non publié)

éventuelle liaison entre l'état d'engraissement et le niveau d'ingestion.

Cependant, l'accroissement de l'état d'engraissement entre animaux ne va pas toujours de pair avec une diminution de l'ingestion, puisque si on compare des animaux de types génétiques différents, tels que des Frisons et des croisés Charolais × Frisons, le niveau d'ingestion le plus élevé correspond pour un même poids à l'état d'engraissement le plus important (fig. 3). Cette dernière comparaison souligne l'existence de variations liées au type génétique.

2 - Variations avec la race

Pour mettre en évidence les différences de quantités ingérées entre les races, on ne peut utiliser que les essais dans lesquels les animaux ont reçu la même ration dans des conditions identiques, donc finalement peu d'essais.

COLLEAU et BONAITI ont comparé des taurillons de différentes races et croisements, engraissés entre 9 et 15 ou 18 mois, recevant à volonté une ration condensée (70 p.100 de luzerne déshydratée et 30 p.100 de pulpes déshydratées). Les taurillons de races laitières consomment davantage de matière sèche ($MS/P^{0,75}$) que ceux de races mixtes ou croisés avec des races à viande (tabl. 1). Les taurillons Limousins ont une capacité d'ingestion inférieure à celle des taurillons Maine-Anjou.

A l'intérieur de chaque groupe de races, laitières ou à viande, on peut remarquer que l'ingestion peut être reliée à l'état d'engraissement des carcasses et au développement du tractus digestif. La consommation moyenne de matière sèche augmente en même temps que la proportion de dépôts adipeux dans la carcasse ou que le poids du tractus digestif par rapport au poids vif vide. Une grande différence de capacité d'ingestion apparaît entre les types d'animaux extrêmes, tels que le taurillon de race Holstein, race à haut niveau de potentiel laitier, à faible développement musculaire et forte adiposité et le taurillon de race Limousine (ou le culard Charolais), race à faible potentiel laitier, à grand développement musculaire et à faible adipogénèse.

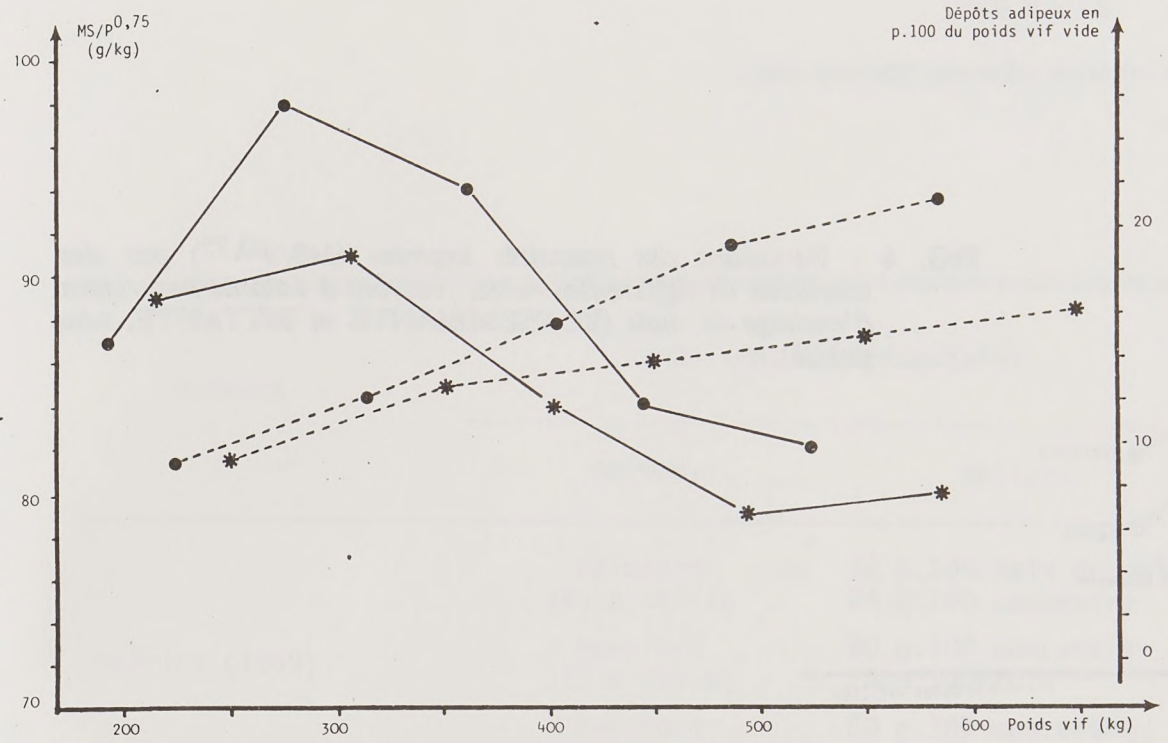


FIG. 3 : *Evolution des quantités ingérées (MS/$P^{0,75}$ —) et de l'état d'engraissement (-----) en fonction du poids vif pendant l'engraissement de taurillons Pie noirs (●) et Charolais × Pie noirs (✱)* (GEAY, ROBELIN, non publié).

TABLEAU 1

Variations des quantités volontairement ingérées (MS/$P^{0,75}$) selon la race
(taurillons engraissés de 9 à 15 ou 18 mois, avec une ration condensée distribuée à volonté, 70 p.100 de luzerne, 30 p.100 de pulpes de betteraves)

BERANGER (1971) ; COLLEAU ET BONAITI (non publié)

Races	Nombre d'animaux	Matière sèche ingérée (g/kg $P^{0,75}$) à 350 kg de poids vif	à 450 kg de poids vif	à 550 kg de poids vif	Résultats d'abattage : Poids de carcasse (kg)	p.100 de dépots adipeux dans la carcasse	Tractus digestif vide en p.100 du poids vif vide *
Engraissement de 9 à 15 mois :							
Holstein	32	119	110	-	285	18.9	6.5
Holstein x Normand	30	114	104	-	307	18.9	5.9
Normand	59	104	97	-	290	16.3	5.8
Charolais x Normand	15	106	101	-	318	15.7	5.4
Engraissement de 9 à 15 ou 18 mois :							*
Hereford	39	111	88	-	262	15.4	8.2
Maine Anjou	30	119	116	102	358	12.8	7.5
Charolais	45	111	103	87	340	10.5	6.6
Limousin	32	102	92	82	323	9.7	5.9
Charolais engraissés de 9 à 15 ou 20 mois :							
Normal	23	-	116	107	369	12.2	5.3
Culard	23	-	95	92	364	5.0	4.7

* Les comparaisons doivent être effectuées à l'intérieur d'un même groupe d'animaux car les différents groupes ont été abattus dans des lieux différents où les méthodes de mesures du tractus digestif et du poids vif vide n'étaient pas les mêmes.

Ces résultats se trouvent confirmés par ceux de BONSEMBIANTE (1979), obtenus en Italie avec des taurillons engraissés avec de l'ensilage de maïs. Les taurillons Limousins ont toujours la plus faible ingestion par rapport aux autres, mais les taurillons Charolais se situent en position intermédiaire et leur ingestion varie beaucoup durant la période d'engraissement (fig. 4).

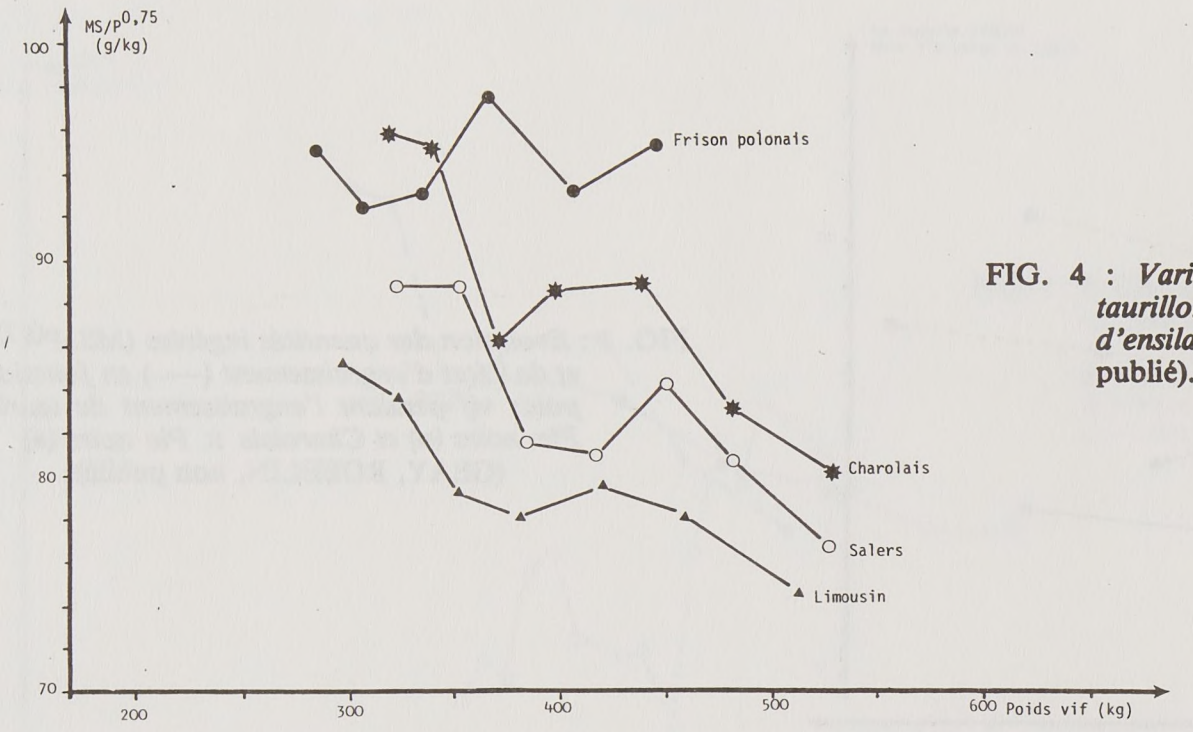


FIG. 4 : *Variations des quantités ingérées* ($MS/P^{0,75}$) *par des taurillons de différentes races, recevant à volonté une ration d'ensilage de maïs* (BONSEMBIANTE et BITTANTE, non publié).

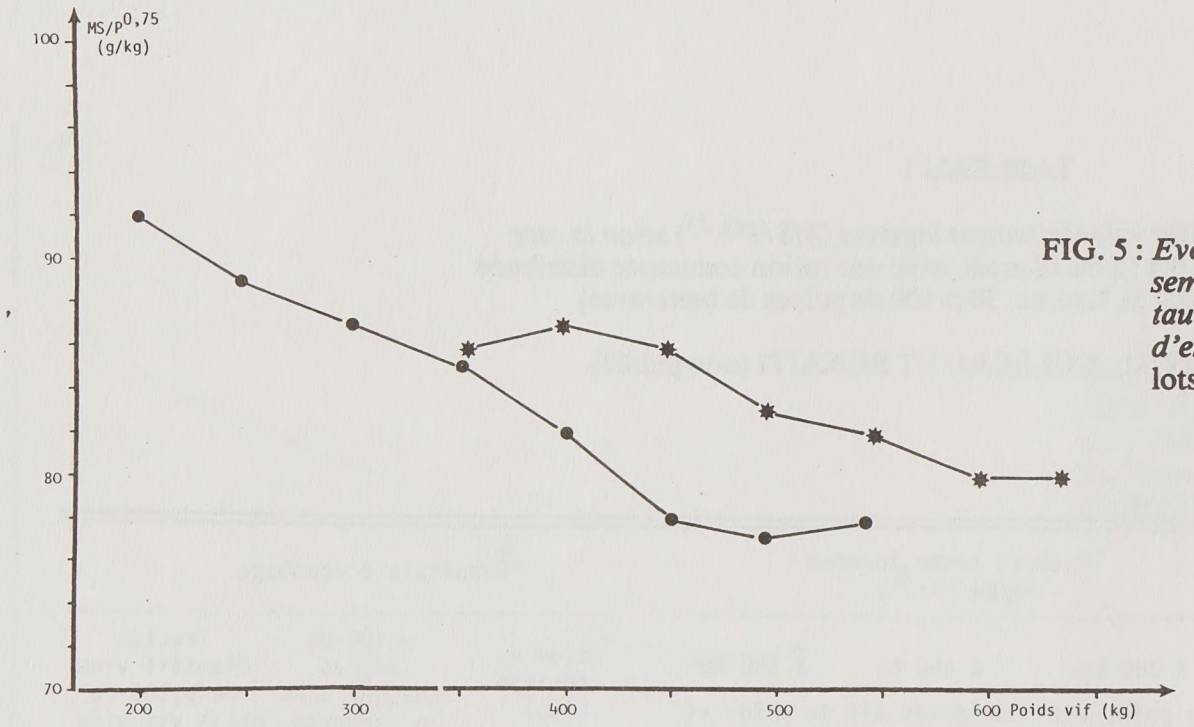


FIG. 5 : *Evolution des quantités ingérées* ($MS/P^{0,75}$) *durant l'engraissement par des taurillons laitiers, sevrés précocement* (●) *et des taurillons broutards charolais* (✱) *recevant une ration d'ensilage de maïs* (*75 p.100*) : (Moyennes obtenues sur 54 et 30 lots d'animaux) (GEAY, MICOL, non publié).

Dans des expériences en cours aux U.S.A. (à Clay Center dans le Nebraska), SMITH *et al* (1976) constatent aussi des variations avec le génotype dans les quantités d'énergie ingérées par des bouvillons de différentes races ou croisements. Les types génétiques se classent dans le même ordre que les résultats français, selon le développement musculaire, mais les variations ont moins d'amplitude. Cependant, lorsqu'on compare l'évolution de l'ingestion entre des taurillons laitiers sevrés précocément et des taurillons Charolais sevrés à 8 mois, tous engraissés avec de l'ensilage de maïs (70 à 80 p.100 de la ration), on ne retrouve pas les différences auxquelles on pourrait s'attendre compte tenu des résultats précédents (fig. 5). Le mode d'alimentation et d'élevage jusqu'à 6-9 mois peut avoir une influence sur la capacité d'ingestion ultérieure des animaux. Cela rend difficile les comparaisons entre races lorsque les animaux sont issus les uns de troupeaux laitiers, et les autres de troupeaux allaitants.

3 - Variations avec le sexe

Lorsqu'on considère les différentes données des essais dans lesquels des taureaux, boeufs et génisses ont reçu à volonté la même ration, dans les mêmes conditions (principaux résultats au tableau 2), il n'apparaît aucune différence systématique liée au sexe dans les quantités ingérées ($MS/P^{0,75}$), quelle que soit la concentration énergétique des rations distribuées ou la race des animaux utilisés (précoce ou tardive).

4 - Variations avec la croissance antérieure ou le mode d'élevage antérieur

Dans de nombreux essais sur la croissance compensatrice, on a observé que les animaux qui ont été sous-alimentés durant une période, ingèrent ensuite davantage par kg de poids vif que les animaux comparables, sans cesse bien alimentés (Revues de WILSON et OSBOURN, 1960 et de ALLDEN, 1970).

Quelques résultats de ces essais présentés au tableau 3 montrent que les différences d'ingestion, en période de réalimentation (période II), sont importantes (plus de 10 p.100) avec des bouvillons d'un an ayant subi une sous-alimentation sévère, et qu'elles apparaissent encore nettement (6 à 9 p.100) avec des taureaux âgés de 2 ans n'ayant subi que de faibles différences de niveau alimentaire entre lots, à un niveau relativement élevé. Ces variations peuvent résulter en partie des différences de développement du tractus digestif qui continue son développement durant la phase de sous-alimentation et de faible croissance pondérale. Dans nos essais (BERANGER, 1973), à l'abattage, après la période de croissance compensa-

TABLEAU 2

Variations des quantités ingérées selon le sexe

Auteurs	Conditions expérimentales		Valeur relative de l'ingestion ($MS/P^{0,75}$) selon le sexe (nombre d'animaux)		
	Animaux	Rations	Mâles entiers	Mâles castrés	Femelles
Hedrick (1969)	Hereford 185 à 445 kg	76 p.100 épis de maïs 24 p.100 concentré	100 (6)	79 (12)	83 (12)
	Hereford 310 à 530 kg	80 p.100 concentré 20 p.100 foin	100 (12)	99 (12)	101 (12)
	Hereford 310 à 510 kg	80 p.100 concentré 20 p.100 foin	100 (14)	113 (14)	103 (14)
Geay et Malterre(1971)	Salers 475 à 610 kg	65 p.100 foin luzerne 35 p.100 concentré	100 (20)	99 (20)	- -
Béranger et Geay(1971)	Charolais 375 à 545 kg	65p.100luzerne condensée 35 p.100 betteraves	100 (13)	102 (13)	- -
Price (1978)	Hereford 230 à 500 kg	20 p.100 foin 80 p.100 concentré	100 (8)	100 (7)	- -
		50 p.100 foin 50 p.100 concentré	100 (8)	104 (7)	- -
		80 p.100 foin 20 p.100 concentré	100 (8)	101 (7)	- -
Geay (1979)	Charolais x Salers Males entiers 310 à 540-580 kg	80 p.100 foin 20 p.100 concentré	100 (10)	- -	105 (10)
	Femelles 285 à 440-480 kg	20 p.100 foin 80 p.100 concentré	100 (5)	- -	103 (5)
Geay*	Charolais x Salers 300 à 550 kg	75 p.100 ensilage maïs 25 p.100 concentré	100 (14)	- -	99 (14)
	460 à 600 kg		- -	100 (14)	106 (14)
Micol*	Charolais 575 à 725 kg		100 (5)	102 (6)	- -
	Charolais x Normand 560 à 690 kg	85 p.100 ensilage maïs 15 p.100 concentré	100 (6)	96 (6)	- -
	Normand 575 à 725 kg		100 (6)	94 (6)	- -
	Pie-Noir 515 à 620 kg		100 (6)	100 (6)	- -
Micol*	Limousin 400 à 640 kg	80 p.100 ensilage maïs 20 p.100 concentré	100 (12)	94 (11)	97 (12)

* Résultats non publiés.

trice, le tractus digestif des bouvillons ayant subi une phase de sous-alimentation représentait 6,5 p.100 du poids vif vide contre seulement 5,9 p.100 chez les bouvillons sans cesse bien alimentés.

* * *

TABLEAU 3

Conséquences d'une réduction du niveau d'alimentation au cours d'une période I (Bas/Haut) sur les quantités volontairement ingérées au cours de la période suivante (II)

Auteurs	Conditions expérimentales				Gain durant la période I (kg/j)			Quantités ingérées ($MS/P^{0,75}$) durant la période II (g/kg)		
	Nombre d'animaux	Poids initial (kg)	Durée (j) Période I	Durée (j) Période II	Bas	Haut	B/H	Après un bas niveau en I	Après un haut niveau en I	B/H
Meyer (1965)	2 x 12 boeufs	183	172	149	0.35	0.80	0.44	103	92	1.12
Béranger (1973)	2 x 18 boeufs jumeaux	238	182	295	0.16	0.69	0.23	95	85	1.12
Boucqué (1975)	2 x 51 taurillons	180	154	257	0.42	0.73	0.58	93	89	1.04
	2 x 50 taurillons	166	154	252	0.47	0.76	0.61	92	89	1.03
Lopez Saubidet (1976)	2 x 24 boeufs	196	112	240	0.51	0.95	0.54	111	101	1.10
		189	112	224	0.27	0.95	0.28	116	101	1.15
		198	112	238	0.01	0.95	0.01	125	101	1.24
Béranger (1977)	2 x 26 taureaux	461	192	92	0.73	1.06	0.69	92	84	1.10
	2 x 19 taureaux	430	182	101	0.87	1.09	0.80	89	84	1.06

LE NEINDRE *et al* (1981) ont aussi mis en évidence des différences de poids du tractus digestif de veaux Normands recevant différentes qualités de lait et d'herbe, liées au mode d'élevage entre 3 et 8 mois. Un apport limité de lait qui entraîne une plus forte ingestion de matière sèche d'herbe avant sevrage, conduit à un développement plus important du tractus digestif au sevrage et à un niveau d'ingestion plus élevé au cours de la période d'engraissement ultérieure.

Il apparaît donc que, non seulement le niveau alimentaire, mais aussi le type d'alimentation, au cours d'une période, sont susceptibles de modifier la capacité d'ingestion ultérieure des animaux.

Ainsi, lorsque, par exemple, on compare des taurillons de même race (Normande), recevant le même régime à base d'ensilage de maïs durant l'engraissement, on observe que les animaux issus de troupeaux allaitants élevés au pis et à l'herbe ont, au même poids, une capacité d'ingestion supérieure à celle des taurillons issus de troupeaux laitiers, sevrés précocement (à 2-3 mois), et ayant reçu des rations riches en aliments concentrés (fig. 6). Dans cette comparaison, on retrouve le même type de courbes que lors des comparaisons entre veaux laitiers et veaux Charolais (fig. 5). Il existe donc certainement des intéractions complexes entre l'influence de la race et du mode d'alimentation et d'élevage sur la capacité d'ingestion des animaux.

*

* *

Comme l'ingestion des ruminants est soumise à la fois à une régulation physique et à une régulation métabolique, on conçoit que les variations entre animaux dépendent à la fois du développement du tube digestif et de l'état physiologique, lié en

TABLEAU 4

***Influence du niveau d'apport de lait durant la période d'allaitement sur le développement du rumen et les quantités ingérées durant la période d'engraissement* (44 veaux normands par lot) (Le Neindre, non publié)**

		Bas niveau de lait	Haut niveau de lait
Période d'allaitement de 3 à 8 mois			
Poids moyen (kg)		211	239
Gain journalier (kg)		1.05	1.36
Quantités ingérées(kg)	- Lait	4.39	8.24
	- MS d'herbe	3.65	3.18
Poids du rumen vide en p.100 du poids vif vide		1.98	1.67
Période d'engraissement de 8 à 15 mois			
Poids moyen (kg)		439	477
Gain journalier (kg)		1.20	1.12
Quantités de matière sèche ingérées	- kg/j	8.07	8.42
	- g/kg $P^{0,75}$	84.2	82.5

partie à l'état d'engraissement. Cependant, si l'accroissement de l'état d'engraissement paraît réduire l'ingestion pour un animal donné, le développement des dépôts adipeux ne semble pas être le principal facteur de la régulation métabolique. En effet, les taureaux, les boeufs et les génisses qui ont des états d'engraissement très différents à même poids vif, présentent des capacités d'ingestion très voisines. Lorsqu'on compare les différentes races entre elles, la capacité d'ingestion augmente en même temps que l'adiposité.

On peut penser que les différences de quantités ingérées entre animaux sont plus ou moins accentuées selon le type de

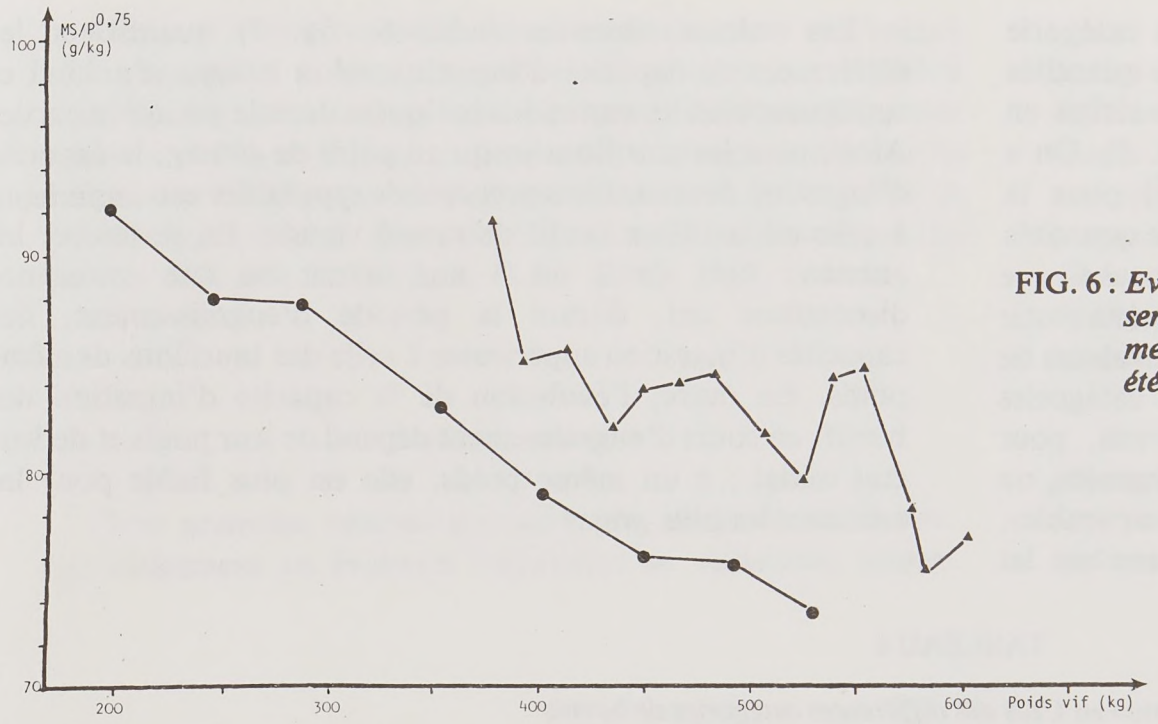


FIG. 6 : *Evolution des quantités ingérées ($MS/P^{0,75}$) durant l'engraissement par des taurillons normands ayant été sevrés précocement à 2-3 mois (●) et des taurillons normands broutards ayant été sevrés à 8-9 mois (▲).* (LE NEINDRE, MICOL, non publié)

rations utilisées, en liaison avec le mode de régulation de l'ingestion qui prédomine. Avec des rations riches en fourrages, les différences entre animaux peuvent résulter en grande partie des variations dans le développement du tube digestif ; elle ne devraient pas être considérables et dépendre autant des modes d'alimentation et d'élevage, capables de modifier le développement du rumen, que du génotype.

Avec des rations concentrées ou condensées, pour lesquelles la régulation métabolique est dominante, les différences entre animaux semblent plus importantes, sans toutefois pouvoir être reliées à leur état d'engraissement. Des intéractions complexes entre de nombreux facteurs doivent être à l'origine des variations de quantités ingérées entre animaux. Ainsi, la sélection laitière a indirectement entraîné une augmentation de la capacité d'ingestion alors que la sélection des races spécialisées pour la production de viande semble avoir eu l'effet inverse.

Nous manquons encore d'un nombre suffisant de comparaisons rigoureuses entre les différentes catégories d'animaux en croissance ou à l'engrais et d'une analyse précise des principaux facteurs qui permettraient d'expliquer les différences de quantités ingérées entre animaux.

II - Capacité d'ingestion des différentes catégories d'animaux

Le système des unités d'encombrement pour les bovins, récemment mis au point par l'I.N.R.A. (JARRIGE *et al,* 1979, 1980), permet d'exprimer les quantités ingérées en Unités d'Encombrement (UEB), indépendamment de l'aliment ou de la ration distribués. On peut, grâce à ce système, utiliser les nombreuses données disponibles concernant les quantités ingérées par les bovins, à condition de pouvoir apprécier convenablement la valeur d'encombrement des rations distribuées.

On a procédé ainsi pour déterminer les capacités d'ingestion des différentes catégories de bovins en croissance et à l'engrais retenus dans les recommandations alimentaires (GEAY *et al,*

TABLEAU 5

Caractéristiques des essais d'alimentation retenus pour la détermination des capacités d'ingestion des bovins en croissance et à l'engrais

Catégories d'animaux	Nombre de lots (5 à 20 animaux par lot)	Types de rations utilisées (composition en p.100 de la matière sèche)
Taurillons précoces de type laitier	54 40	- 75 p.100 d'ensilage de maïs et 25 p.100 de concentrés. - 90 à 50 p.100 d'ensilage d'herbe et 10 à 50 p.100 de concentrés.
Taurillons tardifs de race à viande	30	- 75 p.100 d'ensilage de maïs et 25 p.100 de concentrés.
Bouvillons abattus à 15-20 mois	6	- 100 à 75 p.100 d'herbe et 0 à 25 p.100 de concentrés. - 65 p.100 de foin de luzerne et 35 p.100 de concentrés.
Boeufs abattus à 24-30 mois	22	- 80 p.100 d'ensilage de maïs et 20 p.100 de concentrés.
Boeufs abattus à 36-40 mois	6	- 70 p.100 d'ensilage d'herbe et 30 p.100 de concentrés - Foin de luzerne, ensilage de maïs et concentrés.
Males et génisses en croissance	13	- Foin, ensilage d'herbe et concentrés.
Génisses d'élevage de race laitière	15	- Foin, ensilage d'herbe et concentrés.

1978 ; JARRIGE *et al,* 1980). Pour chaque catégorie d'animaux, on a regroupé les données disponibles de quantités volontairement ingérées, obtenues avec des régimes riches en fourrages (ensilages d'herbe, de maïs, foin...) (tabl. 5). On a calculé la quantité moyenne ingérée (UEB/$P^{0,75}$) pour la période considérée et aussi la forme de l'évolution des quantités ingérées en fonction du poids vif. Pour une bonne cohérence avec les apports énergétiques recommandés, déterminés à partir de populations d'animaux plus larges, on a ajusté les valeurs de capacité d'ingestion ainsi obtenues. Pour certaines catégories d'animaux tels que les génisses d'un an et deux ans, pour lesquelles on disposait d'un trop faible nombre de données, on a utilisé les valeurs obtenues sur les mâles comparables, puisqu'il ne semble pas y avoir d'influence du sexe sur les quantités ingérées.

Les valeurs obtenues (tabl. 6, fig. 7) quantifient les différences de capacité d'ingestion selon le type d'animal et soulignent bien les variations indiquées dans la première partie. Ainsi, pour les taurillons jusqu'au poids de 400 kg, la capacité d'ingestion des taurillons précoces de type laitier est supérieure à celle du taurillon tardif de race à viande. En revanche, les animaux âgés de 2 ou 3 ans, ayant eu une croissance discontinue ont, durant la période d'engraissement, des capacités d'ingestion supérieures à celle des taurillons de même poids. En outre, l'évolution de la capacité d'ingestion des boeufs en cours d'engraissement dépend de leur poids et de leur état initial : à un même poids, elle est plus faible pour les animaux les plus gras.

TABLEAU 6

Capacité d'ingestion en UEB des différentes catégories de bovins en croissance et à l'engrais (I.N.R.A., 1980)

Catégorie \ Poids vif (kg)	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
Taurillons précoces de type laitier	3,6	4,7	5,6	6,5	7,2	7,8	8,2	8,6	9,1	-	-	-
Taurillons de précocité moyenne	3,6	4,7	5,6	6,5	7,2	7,8	8,2	8,6	9,1	9,6	-	-
Taurillons tardifs de race à viande	-	-	5,1	6,0	6,9	7,8	8,5	9,1	9,5	9,7	9,9	
Bouvillons abattus à 15-20 mois	-	-	-	7,1	8,0	8,8	9,3	9,4	-	-	-	-
				-	8,0	8,8	9,6	10,0	10,1	-	-	-
Boeufs et génisses abattus	-	-	-	-	-	8,4	9,2	9,9	10,0	-	-	-
à 24-30 mois	-	-	-	-	-	-	9,2	10,0	10,7	10,7	-	-
						-	-	10,0	10,7	11,4	11,4	-
Boeufs abattus	-	-	-	-	-	-	-	10,0	10,8	11,5	11,4	-
à 36-40 mois	-	-	-	-	-	-	-	-	10,8	11,5	12,2	12,1
Génisses d'un an en croissance élevée	-	-	5,3	6,4	7,2	8,0	8,7	9,2	9,5	-	-	-
Mâles en croissance	-	4,6	5,5	6,3	7,0	7,8	8,5	9,2	9,9	10,5	-	-
Génisses d'élevage	-	4,6	5,5	6,3	7,0	7,8	8,5	9,2	9,9	-	-	-
Génisses d'élevage de race laitière	-	4,9	6,0	7,0	8,0	8,9	9,7	10,4	11,1	-	-	-

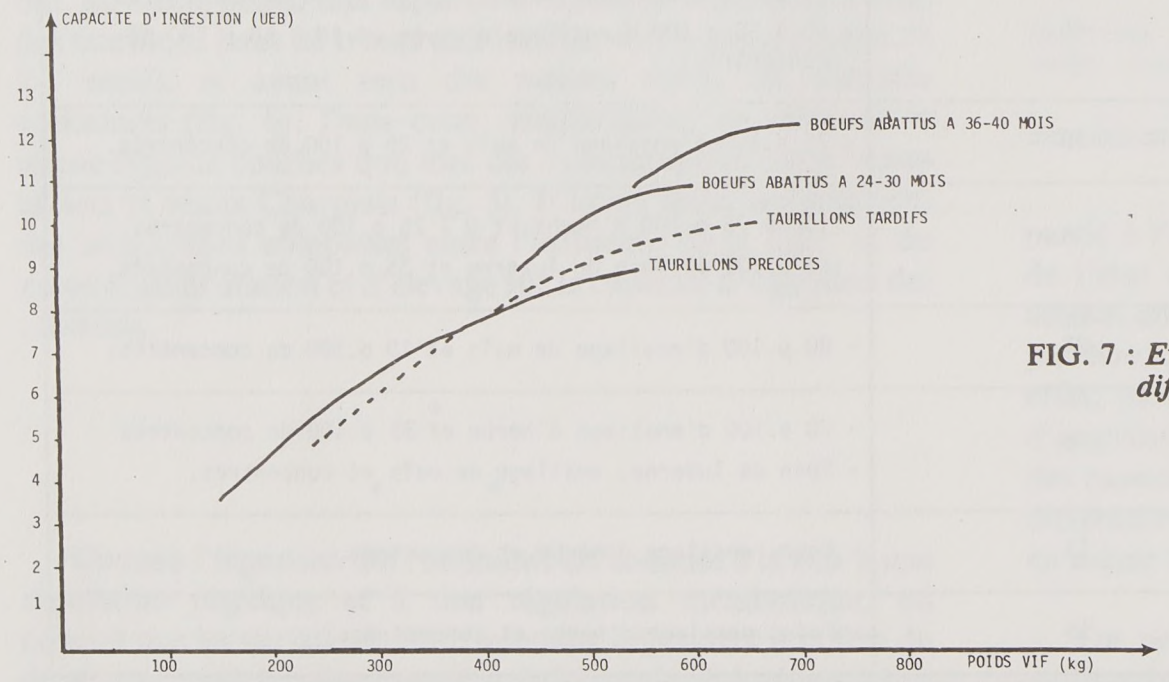


FIG. 7 : *Evolution de la capacité d'ingestion exprimée en UEB pour différentes catégories de bovins à l'engrais*

Bien que le système des unités d'encombrement soit encore très imparfait, il doit permettre d'exploiter un nombre considérable de données sur les quantités volontairement ingérées par les animaux, et de pouvoir ainsi mieux dégager les principales différences entre types d'animaux. Il constitue en outre, bien sûr, un outil efficace pour l'établissement des rations (I.N.R.A.-I.T.E.B.-E.D.E., 1980).

*

* *

Cette première analyse grossière, des données existantes, met clairement en évidence l'existence de variations importantes dans la capacité d'ingestion des différents types de bovins en croissance et à l'engrais. En particulier, des différences notables entre races apparaissent, ainsi qu'entre les modes de conduite. Cependant, toutes ces variations demeurent très difficiles à expliquer, à quantifier et à prévoir. Pour progresser, il faut à la fois améliorer le système des unités d'encombrement pour valoriser la plus grande masse de données possible, et aussi approfondir nos connaissances sur les mécanismes de la régulation de l'ingestion chez l'animal.

Ce vaste secteur de recherche doit être développé, d'autant plus que dans l'avenir, les ruminants seront de plus en plus appelés à valoriser des fourrages non utilisables par les autres espèces animales ou par l'homme.

Références bibliographiques

ALLDEN W.G., 1970. The effects of nutritional deprivation on the subsequent productivity of sheep and cattle. *Nutrition Abstracts and Reviews,* **40**, 1167-1184.

BERANGER C., GEAY Y., 1971. *La Production de Viande par les Jeunes Bovins.* INRA-SEI, Etude N° 46, 81-94. CNRA Versailles.

BERANGER C., 1973. *L'utilisation des Céréales dans l'Alimentation des Ruminants.* INRA-SEI., Etude N° 53, 171-188, CNRA Versailles.

BERANGER C., MULLER A., GREBILLE B., 1977. Production des jeunes boeufs ou taureaux de boucherie au pâturage. *Bull. Techn. CRZV Theix-INRA,* **27**, 43-53.

BONSEMBIANTE M., BITTANTE C., 1979. Sous presse.

BOUCQUE C.V., COTTYN B.G., De BRABANDER D.L., BUYSSE F.X., 1975. *Bijvoederen van stiertjes en ossen op de weide. Supplémentation de taurillons et boeufs en prairie.* Publication de la Journée d'Etude ''Grassland'' (Prairie) à Melle, le 20 Novembre 1975. Ed. Centre de Recherches Agronomiques de l'Etat, B-9220 Merelbeke.

GEAY Y., MALTERRE C., 1971. Influence de la castration et de la nature des glucides de la ration sur la croissance et la qualité des carcasses de bovins abattus à 24 mois. *Ann. Zootech.,* **20** (2), 251-257.

GEAY Y., ROBELIN J., BERANGER C., MICOL D., 1978. *Alimentation des Ruminants.* Ed. INRA Publications (Route de St-Cyr) 78000 Versailles. 297-343.

GEAY Y., ROBELIN J., 1979. Variation of meat production capacity in cattle due to genotype and level of feeding : genotype - nutrition interaction. *Livestock Prod. Sci.,* **6**, 263-276.

GEAY Y., ROBELIN J., VERMOREL M., 1979. Influence of the metabolizable energy content of the diet on the energy utilization for growth in bulls and heifers. *Proc. 8th Symposium on Energy Metabolism, EAAP. Pub.*

HEDRICK H.B., THOMPSON G.B., KRAUSE G.F., 1969. Comparison of feed lot performance and carcass characteristics of half-sib bulls, steers and heifers. *J. Anim. Sci.,* **29**, 687-694.

INRA, ITEB, EDE., 1980. *Pratique de l'alimentation des bovins.* Tome II. Ed. Technipel. MNE, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cédex 12.

JARRIGE R. et al., 1979. Le Système des Unités d'Encombrement pour les bovins. *Bull. Techn. CRZV Theix* - INRA, **38**, 57-79.

JARRIGE R. et al., 1980. Le Système des Unités d'Encombrement pour les bovins : Utilisation simplifiée pour le rationnement des bovins en croissance et à l'engrais. *Bull. Techn. CRZV Theix - INRA,* **39**, 81-84.

JARRIGE R. et al., 1980. *Alimentation des Ruminants.* Ed. INRA Publications (Route de St-Cyr) 78000 Versailles, 599-621.

LOPEZ SAUBIDET C., VERDE I.S., 1976. Relationship between liveweight, age and dry matter intake for beef cattle after different levels of food restriction. *Anim. Prod.,* **22**, 61-69.

MEYER H.J., HULL J.L., WEITKAMP W.H., BONILLA S., 1965. Compensatory growth responses of fattening steers following various low energy intake regimes on hay or irrigated pasture. *J. Anim. Sci.,* **24**, 29-37.

PRICE M.A., MATHISON G.W., BERG R.T., 1978. Effects of dietary roughage level on the feedlot performance and carcass characteristics of bulls and steers. *Can. J. Anim. Sci.,* **58**, 303-311.

SMITH G.M., LASTER D.B., CUNDIFF L.V., GREGORY K.E., 1976. Characterization of biological types of cattle. II. Postweaning growth and feed efficiency of steers. *J. Anim. Sci.,* **43**, 37-47.

WILSON P.N., OSBOURN D.F., 1960. Compensatory growth after under nutrition in mammals and birds. *Biological Reviews,* **35**, 324-363.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A., 1981 (44) 33-40.

Effet de l'acide formique sur la valeur alimentaire des ensilages directs d'herbe destinés aux vaches laitières ; conséquences économiques

J.P. DULPHY* et G. LIENARD**

**Laboratoire des Aliments*
***Laboratoire d'Economie de l'Elevage*

L'intensification de l'élevage laitier nécessite le recours à des aliments de valeur alimentaire élevée. L'ensilage d'herbe en est un qui s'est considérablement développé au cours de ces dernières années puisqu'on estime actuellement qu'environ 2 millions d'hectares d'herbe sont ensilés. On sait cependant que la valeur alimentaire des ensilages varie de façon considérable selon la date de récolte, leur longueur des brins, leur teneur en matière sèche et leur qualité de conservation.

L'emploi d'un conservateur peut jouer un rôle déterminant en améliorant la qualité de conservation et la valeur de ces ensilages d'herbe. C'est pourquoi, pour apprécier l'intérêt de l'emploi d'un tel conservateur, nous avons tout d'abord récapitulé les différents essais connus sur l'utilisation de l'acide formique, conservateur qui a été le plus étudié, dans les ensilages destinés aux vaches laitières. Nous avons ensuite tenté une appréciation économique de cette technique après avoir mis en place deux essais utilisables pour cet objectif.

I - Synthèse technique

Conditions expérimentales

Nous avons récapitulé 12 essais portant sur les vaches laitières. Ceux-ci sont numérotés et référencés dans le tableau 1.

Dans les 10 premiers essais, l'effet de l'acide formique a été étudié en distribuant à 2 lots de vaches appariées la même quantité d'aliment concentré et l'ensilage à volonté. Seuls ces 10 essais seront utilisés pour analyser l'effet de l'acide formique sur les quantités d'ensilage ingérées et les performances des animaux. Par contre pour mieux préciser les effets de l'acide formique sur la composition chimique des ensilages et leur digestibilité nous avons utilisé les 12 essais. En effet, les deux derniers essais ont été conçus de façon différente : l'apport de concentré a été plus fort avec l'ensilage sans conservateur afin d'obtenir des productions laitières identiques chez les animaux comparés. Enfin au niveau des pertes nous avons examiné aussi les résultats de quelques autres auteurs qui seront cités au paragraphe correspondant.

Les principales conditions expérimentales sont aussi rapportées dans le tableau 1. Tous les fourrages utilisés ont été des graminées (sauf dans l'essai (1)), récoltés en brins longs dans les essais anciens et en brins courts dans les essais récents. Les doses d'acide formique ont varié de 2,2 à 5 litres par tonne.

Résultats

- *Composition chimique* (tabl. 2)

L'addition d'acide formique a permis d'obtenir des ensilages plus riches en matières azotées totales et avec une teneur en cellulose brute plus faible de 6,6 p.100. Les ensilages à l'acide formique ont été en moyenne mieux conservés que les ensilages témoins, mais certains (WEISS *et al*) ont eu, curieusement, des valeurs élevées en ammoniac. L'acide acétique a été nettement diminué par l'apport d'acide formique, ce qui laisse supposer une augmentation de l'ingestibilité des ensilages additionnés de ce conservateur.

- *Valeur nutritive* (tabl. 3)

La digestibilité des ensilages à l'acide formique a été, en moyenne, supérieure de 1 point à celle des ensilages sans conservateur, mais cet écart est faible et surtout les résultats sont très hétérogènes. Rappelons que les résultats obtenus par le Laboratoire des Aliments (MICHALET-DOREAU et DEMARQUILLY, 1981) montrent que l'écart de digestibilité entre ensilages avec et sans acide formique est négligeable et donc que les valeurs énergétiques de ces ensilages sont comparables.

Les teneurs en matières azotées digestibles sont supérieures pour les ensilages à l'acide formique (+ 6 p.100), mais on sait que ce mode d'expression a peu de signification (DULPHY *et al.*, 1980). Dans les 3 comparaisons que nous avons effectuées,

TABLEAU 1

Conditions expérimentales des différents essais

Référence essai	Fourrage	Coupe	Dose d'acide formique l / tonne	Nombre total de vaches et race	Type de concentré p. 100
(1) THOMAS et al. (1969)	Luzerne	longue	5	8	Equilibré
(2) CASTLE et WATSON (1970 a)	Fléole + Ray-grass anglais (1° cycle)	"	2,25	12 Ayrshire	Orge + Tourteau arachide (92 - 8)
(3) CASTLE et WATSON (1970 a)	Fléole + Ray-grass anglais (3° cycle)	"	2,25	12 Ayrshire	
(4) CASTLE et WATSON (1970 b)	Graminées (1° cycle)	"	2,25	12 Ayrshire	
(5) FISHER et al. (1971)	Sudan - grass	"	5	16	Equilibré
(6) PIKE (1972)	Graminées	"	5	14	-
(7) DULPHY et DEMARQUILLY (1973)	Fléole (1° cycle)	fine	3,8	16 FF	Equilibré
(8) WEISS et al. (1980)	Ray-grass d'Italie (1° cycle)	"	3,5	24 FF	Orge + Tourteau soja (82 - 18)
(9) WEISS et al. (1980)	"	"	4,4	24 FF	
(10) WEISS et al. (1980)	"	"	3,5	24 FF	
(11) DULPHY et al. (1980)	Ray-grass anglais (1° cycle)	"	3,3	48 (FF, HO, MO)	Equilibré + T. tanné
(12) VERITE et al. (1981)	"	"	3,2	32 (FF, HO, MO)	Equilibré (son ou céréales)

la valeur des ensilages en PDIE est passée de 73 à 85 g/kg de matière sèche (+ 16 p.100) et celle en PDIN de 80 à 87 (+ 9 p.100) en moyenne après l'addition d'acide formique. L'apport d'acide formique améliore donc nettement la valeur azotée des ensilages d'herbe comme l'ont montré déjà de nombreux auteurs dont DEMARQUILLY *et al.* (1977).

- *Quantités d'ensilage ingérées* (tabl. 3)

Les quantités d'ensilage ingérées ont augmenté de 12 p.100 en moyenne (- 2 à + 21 p.100) en présence d'un niveau identique de concentré et de 13,8 p.100 dans nos deux derniers essais avec des niveaux différents de concentré. Les écarts sont donc importants, mais très variables.

Dans les 6 premiers essais l'effet très notable de l'acide formique doit être dû au fait que les corrections pour les pertes de matière sèche à l'étuve n'ont vraisemblablement pas été faites. Si on tient compte de ce fait l'effet moyen de l'acide formique sur les quantités ingérées doit être de 10 p.100 lorsque les quantités de concentré distribuées sont égales.

A titre de comparaison nous avons regroupé les résultats que nous connaissons sur génisses et bouvillons de 1 an recevant des ensilages avec et sans acide formique, sans apport d'aliment concentré ou après déduction de cet apport (WALDO *et al.*, 1971 ; WALDO *et al.*, 1975 ; Mc ILMOYLE, 1976 ; HINKS, 1976 ; Mc ILMOYLE, 1979 ; DULPHY et DEMARQUILLY, 1977 ; DEMARQUILLY et DULPHY, 1977). Dans 15 comparaisons les quantités ingérées ont été augmentées en moyenne de 13,3 p.100 (de 1,6 à 34 p.100). De même, pour les 10 premiers essais sur vaches laitières, en utilisant le système des UEB (JARRIGE, 1979), on peut estimer qu'en l'absence d'aliment concentré ou en présence de quantités différentes, comme nous l'avons fait dans nos essais, les quantités d'ensilage ingérées auraient augmenté de 13 p.100 grâce à l'apport d'acide formique. Nous pouvons donc admettre que l'augmentation des quantités d'ensilage ingérées due à l'acide formique est de 13 p.100 lorsque les quantités de concentrés sont nulles ou différentes d'environ 1 kg de MS (- 12 p.100 pour la valeur d'encombrement) et de seulement 10 p.100 lorsque les animaux reçoivent environ 5 kg de MS de concentré quel que soit l'ensilage.

Dans ces conditions les quantités d'énergie nette ingérées augmenteront pratiquement dans les mêmes proportions. Par contre les quantités de PDI ingérées augmenteront nettement plus ; cette augmentation est de l'ordre de 200 g de PDI par jour (+ 25 p.100 environ).

- *Production laitière et composition du lait* (tabl. 4)

Pour un même niveau d'apport de concentré, les quantités de lait à 4 p.100 de matière grasse produites ont été en moyenne plus élevées de 1 kg (0,1 à 2 kg par jour) avec l'ensilage d'herbe additionné d'acide formique.

L'addition d'acide formique a par ailleurs augmenté légèrement le taux butyreux (+ 0,8 point) et le taux azoté (+ 0,4 point seulement).

- *Variations de poids vif*

Une grande imprécision existe au niveau de l'estimation des variations du poids vif qui est pourtant un paramètre très important. Pour un même niveau d'apport d'aliment concentré le gain de poids vif a été augmenté de 124 g/jour (passage de 132 à 256 g/jour dans 7 essais), avec l'acide formique, soit un équivalent énergétique d'environ 1 kg de lait.

- *Quantité de lait permise par la ration de base*

TABLEAU 2

Composition chimique des ensilages étudiés

Référence essai	Teneur en matière sèche (p.100)		Teneur en matières azotées totales (p.100)		Teneur en cellulose brute (p.100)		pH		$N-NH_3$ /N total (p.100)		Acide acétique g/kg MS		Acide butyrique g/kg MS	
	SC	+ A.F.	SC	+ A.F.	SC	+ A.F.	SC	+ A.F.	SC	+ A.F.	SC	+ A.F.	SC	+ A.F.
(1)	25,2	26,3	17,7	19,0	33,6	29,8	4,8	4,6	-	-	-	-	-	-
(2)	21,1	22,0	13,0	13,2	35,1	33,5	4,2	3,8	-	-	-	-	3,4	0,4
(3)	19,1	20,1	16,0	16,3	33,2	31,2	4,5	3,7	-	-	-	-	2,9	0,5
(4)	20,5	21,1	12,6	14,5	35,1	32,3	5,0	3,9	-	-	38	7	28,0	1,0
(5)	22,9	23,0	9,0	8,5	35,9	35,6	-	-	-	-	-	-	-	-
(6)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(7)	25,8	22,6	11,5	10,6	35,0	35,6	3,80	3,93	9,4	9,0	25	25	2,0	5,0
(8)	20,6	20,6	10,7	11,6	29,2	30,5	3,97	4,05	10,8	8,8	102	45	0,1	3,1
(9)	21,3	20,3	15,2	14,8	25,3	28,7	4,10	4,00	10,1	12,2	58	41	0,8	1,3
(10)	19,2	20,3	14,5	15,6	29,5	29,9	3,86	3,90	11,4	6,3	36	37	0,0	0,0
(11)	22,1	22,3	12,6	13,8	30,2	30,5	3,76	3,94	7,4	4,2	40	15	0,4	0,7
(12)	19,9	21,9	17,0	18,2	30,1	28,6	4,63	3,94	11,6	5,3	60	20	1,7	2,3
Moyenne (Nombre d'essais)	21,6	21,9 (11)	13,6	14,2 (11)	32,0	31,5 (11)	4,26	3,98 (10)	10,1	7,6 (6)	51	27 (7)	4,4	1,6 (9)

SC = sans conservateur + A.F. = avec acide formique

TABLEAU 3

Valeur nutritive et quantités ingérées des ensilages

Référence	Digestibilité (p.100)			Teneur en MAD (g/kg MS)		Poids vif des animaux		Quantités de matière sèche ingérées - kg -			
								Ensilage		Concentré	
	SC		+ A.F.	SC	+ A.F.	SC	+ A.F.	SC	+ A.F.	SC	+ A.F.
(1)	65,0	(Energie)	63,2	127	142	570	605	8,5	10,3	4,3	4,3
(2)	74,2	(MO)	-	86	86	475	472	7,6	8,5	5,4	5,4
(3)	71,4	(MO)	74,2	112	114	476	476	6,9	7,7	5,4	5,4
(4)	64,3	(MO)	74,3	70	104	473	482	7,5	8,2	5,4	5,4
(5)	64,5	(Energie)	62,5	57	53	-	-	9,1	9,2	4,6	4,7
(6)	-		-	-	-	-	-	7,3	8,3	-	-
(7)	67	(MO)	68	70	57	606	611	9,8	11,2	5,3	5,1
(8)	-		-	62	71	502	510	7,9	9,0	5,1	5,1
(9)	-		-	107	103	563	583	10,8	10,5	3,4	3,6
(10)	-		-	-	-	610	598	8,3	9,7	5,4	5,8
(11)	74,5	(MO)	71,8	73	75	582	589	11,4	12,7	4,3	3,6
(12)	73,4	(MO)	73,9	114	126	594	591	11,0	13,0	5,6	4,1
Moyenne	69,3	(8)	70,3	88	(10) 93	545	(10) 552	8,84	(12) 9,86	4,93	(11) 4,77

On peut estimer que dans les 7 essais pour lesquels les apports de concentré ont été comparables et les gains de poids connus l'adjonction d'acide formique a permis d'augmenter le niveau de production permis par la ration de base de 1,8 kg de lait.

Dans les deux derniers essais (11 et 12) la quantité de lait permise par la ration de base grâce à l'addition d'acide formique a augmenté de 2,7 kg. Cette valeur est supérieure à celle des autres essais, mais les quantités ingérées d'ensilage à l'acide formique avaient été fortement augmentées par le fait

qu'avec ces ensilages les vaches avaient reçu 1,1 kg de concentré en moins.

- *Pertes en cours de conservation* (tabl. 5)

Parmi les 12 essais les pertes totales en silo n'ont été rapportées que dans 7. Or ce paramètre a une incidence économique considérable. Nous avons donc rapporté 10 autres comparaisons de WALDO *et al.* (1971 et 1975), de LINGVALL (1977), de FOX *et al.* (1971) et de DULPHY et DEMARQUILLY (1977) dans le tableau 5. En moyenne, dans ces 17 comparaisons les pertes en silo sont passées de 21,7 à 19,3 après addition d'acide formique, mais d'un essai à l'autre les écarts sont très différents.

Dans les 5 comparaisons faites à Orcival l'effet de l'acide formique a été nul en raison, vraisemblablement, d'une exagération des pertes de jus qui a dû annuler l'effet en général positif de l'acide formique sur les pertes de gaz. Rappelons aussi que les silos-couloirs d'Orcival sont très hauts (3,6 m) et très tassés et que les fourrages sont relativement humides à la mise en silo (16 - 20 p.100 de MS pour les ray-grass anglais).

Dans les essais de WALDO, en silos-tours, ainsi que dans ceux de LINGVALL (1977) et FOX *et al.* (1971) l'acide formique a eu un effet très net (- 5,2 points) dû surtout à une teneur plus élevée de la matière sèche à la mise en silo et donc à l'absence ou la très faible quantité de jus perdus. Mais dans cet écart élevé il faudrait tenir compte aussi du fait que les corrections des teneurs en matière sèche mesurées à l'étuve sont incomplètes, ce qui désavantage un peu les ensilages sans conservateur plus riches en produits volatils.

Il semble donc que l'acide formique fasse diminuer les pertes en silo, le gain étant nul pour les fourrages perdant beaucoup de jus et de l'ordre de 5 points pour les ensilages récoltés à 20 - 24 p.100 de matière sèche, valeurs pouvant être obtenues par ''ressuyage'' pour les fourrages très humides.

Conclusion

L'addition d'acide formique dans les ensilages destinés aux vaches laitières a donc un effet substantiel sur la production laitière et la reprise de poids des animaux, ce qui confirme les conclusions de WALDO (1977). On peut estimer qu'à même apport d'aliment concentré, la production laitière est supérieure de 1 kg par jour et le gain de poids est amélioré d'environ 100 g/jour avec l'addition d'acide formique, grâce à une ingestion supplémentaire d'environ 10 p.100 de fourrage ensilé.

Cependant, comme on le verra plus loin, ce type d'expérience se prête mal aux comparaisons économiques car les éleveurs auront tendance à compenser la baisse de production laitière due à une moindre ingestion de fourrage par une distribution accrue de concentré. En outre, il se pose un problème pour la prise en compte du gain de poids vif supplémentaire. C'est pourquoi nous avons réalisé 2 essais dans lesquels la distribution de concentré a été ajustée à l'ingestion du fourrage afin d'obtenir les mêmes performances de production avec et sans conservateur. Cet objectif a été à peu près atteint et ceci a permis à G. LIENARD de tenter une évaluation économique de l'utilisation de l'acide formique. Par ailleurs, les deux essais réalisés semblent concordants avec ceux de la bibliographie, puisque les quantités ingérées enregistrées correspondent à ce qui était prévisible grâce à l'application du système des UEB (JARRIGE, 1979).

II - Considérations économiques - Première approche

L'emploi d'un conservateur représente une dépense importante, de l'ordre de 300 à 400 F par hectare, selon les rendements de la plante ensilée, les doses employées et les conditions de prix que peuvent obtenir les éleveurs. Les gains obtenus sont-ils supérieurs ?

Une telle évaluation est en réalité assez difficile à faire comme on va le voir. D'une part il est nécessaire de bien connaître l'importance des effets possibles. Malheureusement, ceux-ci peuvent être très variables, comme le montrent les essais récapitulés. En outre, et comme toujours, les résultats économiques d'un même effet technique dépendent de la conjoncture, et en particulier du niveau des prix. Enfin, ils dépendent aussi de l'utilisation que fera l'éleveur de l'effet technique, ce qui entraînera des répercussions plus ou moins importantes sur l'ensemble du système de production.

Une autre difficulté provient de la conception même des essais, qui prennent position en quelque sorte par rapport aux réactions des éleveurs. Deux sont possibles - On pourrait admettre que l'éleveur employant un conservateur ne modifie pas sa quantité de concentré pour obtenir davantage de lait (cas des expériences du 1er type) ; mais si l'apport de concentré était préalablement correct, il risque d'y avoir augmentation du gain de poids des animaux et l'emploi du conservateur sera peu intéressant ; ainsi lorsqu'on admet, d'après les résultats moyens précédents (avec ray-grass anglais et sans différence de taux de perte au silo), pour une ingestion supplémentaire de 0,8 kg de M.S. d'ensilage, un gain de 1 litre de lait et de 100 g de poids vif, le bilan économique n'est pas en faveur du conservateur. - En revanche, on peut supposer que la réaction normale d'un bon éleveur, cherchant à valoriser pleinement la valeur des fourrages et le potentiel laitier de ses animaux, serait d'adapter, avec et sans conservateur, la distribution du concentré à l'ingestion de la ration de base pour obtenir la même production laitière ; c'est le cas des deux derniers essais précédemment rapportés. Ce type d'essai — plus complexe à réaliser et exigeant préalablement des essais du premier type — peut plus sûrement servir de base à une comparaison économique.

Les deux essais ont donc permis de mesurer sur du ray-grass anglais, ensilé en coupe directe (18 p.100 de MS à la mise en silo et 22 p.100 à la sortie) l'effet de l'acide formique (tabl. 6). La distribution du concentré a été ajustée pour tenter d'obtenir les mêmes performances. Cela a été parfaitement obtenu dans le premier essai (même production laitière, même gain de poids vif). En revanche, il subsiste, dans le deuxième essai, de légers écarts de production laitière (+ 0,4 kg/j en faveur du conservateur) et de gain de poids (94 g/j en sa défaveur), écarts qui ne sont pas statistiquement significatifs. Les pertes de matière sèche durant la conservation sont identiques, avec et sans conservateur, compte tenu du type de silo utilisé.

L'augmentation d'ingestion d'ensilage permise par le conservateur et la diminution de l'apport de concentré ont pour

TABLEAU 4

Production laitière et variation de poids des animaux

Référence	Production laitière (kg/jour)				Composition du lait (g/kg)				Variation du poids vif (g/jour)		Lait permis par l'ensilage (kg) en supposant nul le gain de poids	
	brute		à 4 % de MG		Taux butyreux		Taux azoté					
	SC	+ A.F.	SC	+ A.F.	SC	+ A.F.	SC	+ A.F.	SC	+ A.F.	SC	+ A.F.
(1)	-	-	17,1	17,2	-	-	-	-	410	860	3,0	6,8
(2)	15,2	16,3	16,2	17,5	44,2	44,8	30,0	31,0	-	-	-	-
(3)	15,3	15,9	16,1	16,6	43,3	43,0	30,4	31,4	-	-	-	-
(4)	15,8	17,1	16,9	18,1	44,8	44,0	30,7	30,7	- 260	- 260	0,3	1,5
(5)	16,5	17,2	15,8	16,2	38,5	38,2	31,1	31,8	- 150	150	3,8	6,1
(6)	15,9	16,8	13,3	14,7	-	-	-	-	-	-	-	-
(7)	19,6	19,5	17,3	17,6	32,3	33,3	32,6	32,4	60	60	4,2	5,0
(8)	13,5	14,9	13,7	15,7	40,8	43,8	-	-	295	405	3,0	5,9
(9)	18,5	19,1	18,4	19,5	39,6	42,0	29,6	30,3	372	400	12,7	13,5
(10)	21,5	23,2	22,5	24,0	43,5	42,5	30,8	30,0	195	176	10,3	10,6
(11)	24,3	23,5	22,2	22,5	34,7	37,4	29,6	30,9	221	194	12,8	15,0
(12)	22,9	23,1	21,5	22,1	35,8	37,4	29,5	29,9	233	187	10,0	13,2
Moyenne	18,1	18,8	17,6	18,5	39,8	40,6	30,5	30,9	+ 153	+ 241	6,7	8,6
(Nombre d'essais)	(11)		(12)		(10)		(9)		(9)		(9)	

TABLEAU 5

Pertes totales en cours de conservation

Référence	Type de plante	Teneur en matière sèche à la mise en silo p.100	Pertes totales p.100	
			Silo sans conservateur	Silo avec conservateur
(1)	Luzerne	24,0	10,0	12,0
(7)	Fléole	23,0	16,4	17,8
(8)	Ray-grass d'Italie	20 et 18	34,5	31,5
(9)	"	21,5	26,7	31,9
(10)	"	18,0	36,0	29,0
(11)	Ray-grass anglais	19,0	23,2	24,2
(12)	"	17,0	20,0	20,7
DULPHY et DEMARQUILLY (1977)	Ray-grass anglais :			
	. 1° cycle	15,5	22,0	23,0
	. 2° cycle	18,5	24,7	24,5
WALDO et al. (1971) (silos tours)	Luzerne	18,5	20,2	12,8
	"	22,0	14,9	5,1
	Sorgho	19,0	14,8	11,2
	"	26,5	9,0	2,2
WALDO et al. (1975) (silo tour)	Dactyle - luzerne	20,0	24,0	29,0
LINGVALL (1977)	Graminées - trèfle violet	environ 25	30,6	22,8
		environ 18 et 25	16,3	9,8
FOX et al. (1971)	Ray-grass anglais	14,5	25,6	20,5

TABLEAU 6

Incidence économique de l'addition d'acide formique dans les deux essais où son effet zootechnique est compensé par un apport de concentré plus faible

	1ER ESSAI (11)* Ray-Grass Anglais 1er cycle (18 % M.S.)			2E ESSAI (12) Ray-Grass Anglais 1er cycle (18 % M.S.)		
1) - RESULTATS TECHNIQUES		Sans A.F.	Avec A.F. (3,2 l/T)		Sans A.F.	Avec A.F. (3,2 l/T)
Quantités consommées par jour (en kg M.S. pour ensilage ; en kg brut pour les concentrés)	Ensilage	11,7	12,9	Ensilage	11,0	13,0
	Concentré ...	3,69	3,11	Orge	1,31	0,92
	T. Tannés ...	1,39	1,03	Maïs grain ..	1,50	1,13
				Son	2,93	2,14
				T. Soja	0,73	0,54
				Urée	0,012	0,008
Production laitière (kg/j)		*identique*				+ 0,4
Gain de poids vif (g/j)		"			+ 94	
Perte à l'ensilage		"			*identique*	
2) - RESULTATS ECONOMIQUES						
12) - Ecart de coût par hectare d'ensilage (AF - Sans AF)(F/ha)						
(a)				*(b)*		*(c)*
0		+ 36,60		- 39,00		- 180,50
2 000		+ 132,60		+ 115,00		- 26,50
3 000		+ 180,60		+ 192,00		+ 50,50
4 000		+ 228,60		+ 269,00		+ 127,50
13) - Prix limite du conservateur pour égaliser les coûts (F/l)						
(a)						
0		3,29 (ou ressuyage 20%)		(4,14)		(5,73)
2 000		2,21 (" " 30%)		2,41		(4,00)
3 000		1,67		1,54		3,13
4 000		1,13		0,67		2,27
14) - Prix limite du tourteau soja pour égaliser les coûts (F/kg)						
(a)						
0		1,98				
2 000		2,60				
3 000		2,90				
4 000		3,90				
15) - Diminution du taux de perte nécessaire pour égaliser les coûts (en points)						
(a)						
0		3,0		-		-
2 000		5,4		5,0		-
3 000		5,8		6,6		1,8
4 000		6,1		7,6		3,7

Conditions : 4 000 kg de M.S. consommable en 1ère coupe et 4 000 kg M.S Consommable en dehors de l'ensilage.
Prix utilisés : AF 3,70 F/l - T. Soja 1,60 F/kg - Maïs 1,10 F/kg - Orge 0,99 F/kg - Son 0,85 F/kg
T. Tannés 1,50 F/kg - Urée 1,20 F/kg -
Lait 1,15 F/l - Coût de production fourragère (charges opérationnelles et traction) + récolte (sans main-d'oeuvre) 1 850 F/ha - Coût stockage 0,12 F/kg M.S.C.

(a) Valorisation des hectares économisés (en F/ha)
(b) Sans tenir compte de la différence de production laitière
(c) En tenant compte de la différence de production laitière.

* *Animaux avec seulement le niveau haut de complément azoté.*

conséquence directe, toutes choses égales par ailleurs, d'accroître la surface à récolter par unité de cheptel et donc la surface fourragère nécessaire par tête pour l'année. Deux possibilités qui n'ont pas la même signification économique s'offrent à l'éleveur : - soit conserver la même surface fourragère et réduire le cheptel, - soit augmenter la surface fourragère pour nourrir le même cheptel. La seconde solution est la plus probable, plus générale, et c'est elle que nous avons retenue pour la comparaison économique, même si elle atténue les écarts et a l'inconvénient d'entraîner des hypothèses supplémentaires. En effet, la surface ''économisée'' lorsqu'on n'emploie pas de conservateur, peut être consacrée à d'autres productions (type céréales ou autres cultures de vente) qui peuvent dégager des résultats variables, ce qui influencera le

bilan global. Nous avons ainsi testé 4 niveaux de marge brute par hectare économisé : 0 (ce qui signifie qu'on ne prend pas en compte les différence de surface), 2 000, 3 000 et 4 000 F.

Dans la situation économique de base adoptée, et pour la 1ère expérience (n°11), le coût global est plus élevé avec le conservateur, même avec une faible valorisation des hectares économisés (tabl. 6). Mais l'écart de coût dépend des prix des facteurs mis en jeu, notamment de ceux du conservateur et des concentrés. Il faudrait cependant une baisse très importante du prix du conservateur (ou une réduction importante des doses employées grâce à un ressuyage poussé), ou une hausse très forte du prix du tourteau pour compenser l'écart de coût. Le handicap économique du conservateur peut également être comblé s'il permet simultanément une réduction du taux de perte en silo, mais un gain de l'ordre de 5 à 7 points est alors nécessaire. Comme nous l'avons vu dans la première partie, ceci n'est réalisé que si on ensile un fourrage ayant une teneur en matière sèche supérieure à environ 22 p.100.

Les résultats de la seconde expérience (n°12) sont proches de la première si on ne prend pas en compte l'écart (non significatif) de production laitière. La variation des résultats économiques selon les hypothèses de valorisation des surfaces économisées est plus forte que dans la première expérience parce que l'écart de consommation entre les ensilages avec et sans conservateur est plus élevé. Lorsqu'on prend en compte l'écart de production laitière (mais pas celui sur le gain de poids vif (1)) le coût global n'est moins élevé avec le conservateur que lorsque les surfaces économisées sont mal valorisées (moins de 2 300 F/ha).

Ainsi, au vu de ces deux expériences et de cette première approche économique (2), on peut penser que *pour un fourrage qui s'ensile bien,* comme le ray-grass, l'emploi d'un conservateur ne se justifie pas s'il ne cumule pas plusieurs effets à la fois, en particulier s'il n'aboutit qu'à économiser du concentré en contre partie d'une augmentation des quantités consommées d'ensilage. En revanche, il peut se justifier s'il ajoute un ou plusieurs des effets suivants. Par exemple :

- lorsqu'il permet de réduire sensiblement les pertes à la conservation, ce qui semble être le cas avec des fourrages ''ressuyés'' sur pied ou après une fauche. Cette technique a par ailleurs l'intérêt de réduire les doses de conservateur nécessaires (3).

- s'il peut permettre de réussir un ensilage lorsque celui-ci s'effectue dans des conditions difficiles, lors d'intempéries et de contamination par de la terre. Le conservateur est alors utilisé à titre de ''sécurité'' ou ''d'assurance'' ;

- s'il entraîne une augmentation de production laitière qui ne pourrait être obtenue avec une distribution ajustée du concentré. Cet effet pourrait concerner des vaches hautes productrices nourries exclusivement à l'ensilage d'herbe, mais il reste à démontrer. On peut cependant penser que, dans les conditions de la pratique courante, le conservateur peut apporter une *plus grande probabilité* d'une bonne utilisation du potentiel génétique des animaux ; ainsi, l'emploi d'un conservateur sera d'autant plus opportun que le niveau génétique du troupeau sera élevé ;

- s'il atténue les risques de contamination des laits destinés à des fabrications fromagères sensibles. Mais il faudrait pour cela que le prix du lait tienne effectivement compte des effets détériorateurs provoqués par ces contaminations.

En outre, au plan théorique, le conservateur devrait permettre de diminuer l'apport de tourteau dans le concentré, mais ceci est difficile à réaliser pour l'éleveur.

Conclusion

L'emploi du conservateur est donc finalement lié à l'estimation d'un *risque* de mauvaise réussite, qui dépend lui-même du suivi apporté à la confection de l'ensilage et du degré de maîtrise technique acquise par l'éleveur. C'est pourquoi les décisions pratiques resteront toujours difficiles à prendre. Mais il faut absolument éviter que l'emploi d'un conservateur soit un palliatif à des négligences techniques.

Rappelons, pour terminer, que les conclusions précédentes concernent des fourrages assez faciles à ensiler. Pour d'autres fourrages, tels les dactyles et surtout les luzernes, l'absence de conservateur conduit le plus souvent à une mauvaise conservation. Il est alors possible, dans ce cas, que le conservateur ne puisse être dissocié de la technique même de l'ensilage, sauf si un préfanage à 35 p.100 de matière sèche est possible.

---

(1) La prise en compte des différences de gain de poids vif ne serait possible que dans le cadre d'une expérience à long terme où peuvent être déterminés les effets zootechniques terminaux des différences de gain de poids pendant l'hiver (compensation au pâturage, influence sur la reproduction, sur la valeur de réforme, etc...).

(2) Il faudrait reprendre l'étude en considérant un troupeau dans son ensemble avec différents niveaux de production et différentes dates de vêlage. Mais ces paramètres, dont l'effet général est connu par ailleurs,,n'auraient pas une très forte influence sur les conclusions.

(3) L'intérêt économique du conservateur est plus net en cas de ressuyage, à la fois du fait de la réduction des doses qui en réduit le coût et de la diminution certaine des pertes qu'il permet (réduction des pertes par gaz sans qu'il y ait accroissement des pertes par jus comme c'est le cas en direct).

Références bibliographiques

CASTLE M.E., WASTON J.N., 1970 a. Silage and milk production, a comparison between grass silages made with and without formic acid. *J. Brit. Grassld Soc.*, **25**, 65-70.

CASTLE M.E., WATSON J.N., 1970 b. Silage and milk production, a comparison between wilted and unwilted grass silages made with and without formic acid. *J. Brit. Grassld Soc.*, **25**, 278-284.

DEMARQUILLY C., DULPHY J.P., 1977. Effect of ensiling on feed intake and animal performance. *Proc. of the Int. Meeting on Animal Prod. from Temperate Grassland,* Dublin, June 1977, 53-61.

DEMARQUILLY C., GRENET Elisabeth, DULPHY J.P., 1977. The effect of addition of formic acid, with or without formaldehyde on the conservation quality, digestibility, nutritive value and N balance of direct-cut silage. *Proc. of XIIIth Int. Grassld. Congress,* Leipzig, 1297-1300.

DULPHY J.P., DEMARQUILLY C., 1973. Utilisation des ensilages d'herbe par des génisses et des vaches laitières (II). *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA,* **10**, 5-15.

DULPHY J.P., DEMARQUILLY C., 1977. Influence de l'addition d'acide formique sur la valeur des ensilages de graminées pour les génisses. *Ann. Zootech.,* **26** (1), 45-57.

DULPHY J.P., ANDRIEU J.P., DEMARQUILLY C., 1980. Etude de la valeur azotée des ensilages d'herbe additionnés ou non d'acide formique pour les vaches laitières. *Bull. Tech. CRZV Theix,* INRA, **40**, 27-33.

FISHER L.J., LESSARD J.R., LODGE G.A., 1971. Utilisation of formic acid treated sorghum-sudan silage by dairy cows. *Can. J. of Anim. Sci.,* **51**, 371-376.

FOX J.B., BROWN S.M., Mc CULLOUGH I.I., 1971. Silage for beef production : the effects of formic acid and molasses on nutrient losses and feeding value of direct ensiled autumn grass *Record of Agri. Res.* 45-51.

HINKS C.E., EDWARDS I.E., HENDERSON A.R., 1976. Beef Production from acid-treated and wilted silages. *Anim. Prod.,* **22**, 217-224.

JARRIGE R., 1979. Le système des unités d'encombrement pour les bovins. *Bull. Tech. CRZV Theix,* INRA, **38**, 57-79, **39**, 81-84.

LINGVALL P., 1977. Comparison of formic acid and a formal dehyde + formic acid mixture as silage additives. *Proc. of the XIIIth Int. Grassld. Congress,* Leipzig, 1301-1303.

Mc ILMOYLE W.A., 1976. Effect of silage additives on the intake and performance of male calves and steers. *Anim. Prod.,* **22**, 321-328.

Mc ILMOYLE W.A., MURDOCH J.C., 1979. Effect of formic acid and formalin and sulphuric acid mixture on the intake and digestibility of grass silage. *Anim. Prod.,* **28**, 223-229.

MICHALET-DOREAU Brigitte, DEMARQUILLY C., 1981. Prévision de la valeur énergétique des ensilages d'herbe. Pub. du XIème Grenier de Theix (sous presse).

PIKE I.H., 1972. A nutritionnal evaluation of silage made using formic, acetic and hydrochloric, or hydrochloric acid. *Proc. Brit. Soc. of Anim. Prod.,* 130.

THOMAS J.W., BROWN L.D., EMERY R.S., BENNE E.J., HUBER J.T., 1969. Comparisons between alfalfa silage and hay. *J. of Dairy Sci.,* **52**, 195-204.

VERITE R., ANDRIEU J.P., MARQUIS B., DULPHY J.P., 1981. Effet de la nature de l'aliment concentré sur l'ingestion et les performances des vaches laitières. *Bull. Tech. CRZV Theix,* **45.**

WALDO D.R., KEYS Jr. J.E., SMITH L.W.,GORDON C.H., 1971. Effect of formic acid and recovery, intake, digestibility and growth from unwilted silage. *J. of Dairy Sci.,* **54**, 77-84.

WALDO D.R., KEYS Jr. J.E., GORDON C.H., 1975. Paraformaldehyde compared with formic acid as a direct-cut silage preservative. *J. of Dairy Sci.,* **58**, 922-930.

WALDO D.R., 1977. Potential of chemical preservation and improvment of forages. *J. of Dairy Sci.,* **60**, 306-326.

WEISS Ph., GIRARD P., LEMAITRE G., 1980. Effect of Italian ryegrass conservation methods on quality of silages, dry matter losses in conservation and milk production. in : *Forage conservation in the 80's.* C. THOMAS Ed.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A., 1981 (44) 41-51.

Eléments technico-économiques pour le choix d'une méthode de récolte d'ensilage d'herbe

G. LIENARD* et J.P. DULPHY**

**Laboratoire d'Economie de l'Elevage*

***Laboratoire des Aliments*

Les avantages économiques de la récolte et de la conservation de l'herbe par ensilage sont importants. Cette technique peut permettre, dans certains cas, une augmentation de la production laitière par vache ou d'obtenir la même production avec moins de concentré. Surtout, elle permet de tirer un meilleur parti des surfaces d'herbe et d'accroître le chargement de la surface fourragère des exploitations.

Mais elle ne va pas sans contreparties financières. Il est utile de rappeler certains ordres de grandeur. Un chantier d'ensilage, comme on le verra, représente une dépense de l'ordre de 600 à 700 F par hectare, tout compris. La dépense avoisine les 1 000 F si on ajoute un conservateur efficace, soit pour un rendement de 4 000 kg de matière sèche consommée (M.S.C.) de 0,24 à 0,26 F/kg M.S.C.. A cela s'ajoutent les frais de stockage, qui peuvent, pour un silo couloir, se monter à 0,11-0,13 F/kg M.S.C., et les frais de matériel pour le désilage s'il se fait mécaniquement, ce qui est de plus en plus fréquent. Le coût total se situe entre 0,40 et 0,45 F/kg M.S.C., soit pour une vache dont la ration de base serait exclusivement de l'ensilage une dépense de 720 à 810 F pour l'hiver, l'équivalent de 600 à 675 litres de lait. Et ceci sans compter le coût de production du fourrage sur pied.

Face à une telle dépense, on comprend la nécessité de tirer le meilleur parti de cette technique, en premier lieu en récoltant les fourrages au bon stade afin d'avoir la meilleure valeur alimentaire possible par kilo de M.S., et d'utiliser au mieux l'aliment.

Cependant, les coûts de récolte peuvent varier dans de larges proportions. En particulier ils peuvent varier selon le chantier choisi et selon la manière dont sont utilisées les machines, ce qu'on examinera dans la première partie de ce texte. En outre, les diverses méthodes de conservation possibles, direct ou préfané, avec ou sans conservateur, brins courts ou brins longs conduisent à des résultats technico-économiques différents, que l'on essaiera de comparer dans la seconde partie.

Texte d'une communication présentée aux réunions de l'AFCO et de l'ANPF les 24 et 25 février 1981.

Il importe de préciser que, du fait de la grande variabilité des résultats possibles, cette étude ne vise qu'à donner des ordres de grandeur, qu'à proposer une démarche de raisonnement et qu'à *attirer l'attention sur certains problèmes*, notamment ceux concernant les ''nouvelles techniques d'ensilage''.

I - Variabilité des coûts de récolte par hectare

Les coûts de récolte peuvent varier selon les moyens mis en oeuvre (type de machine et type de chantier) et selon l'utilisation annuelle qui est faite des machines.

1) Les différents types d'ensileuses classiques

Nous rappelons, dans le tableau I, les principaux types d'ensileuses utilisables avec l'ordre de grandeur de leurs prix d'achat (en 1980), pour les machines de base et les équipements d'herbe (barre de coupe et pick up), selon les distinctions habituellement admises : machines spécialisées herbe (à fléau citées pour mémoire car inutilisables pour l'ensilage) à doubles coupes classique ou améliorée (cylindre hacheur, type Taarup 502 S) ou machines polyvalentes herbe-maïs, regroupées en tractées ou automotrices selon la puissance mise en jeu. Les machines à doubles coupes font des brins moyens (7 à 10 cm pour les classiques, 4 à 7 cm pour les améliorées (1)) ; les machines polyvalentes sont à tambour hacheur et réalisent une coupe fine. Les prix sont fonction de la puissance mise en jeu.

2) Coût de récolte par hectare pour quelques chantiers types (tabl. 2)

On prendra comme exemple :

- une ensileuse automotrice de 210 CV travaillant soit en coupe directe, soit après ressuyage ;

(1) d'après les premières mesures effectuées à l'INRA par J.P. ANDRIEU, en 1980, 4 à 6 cm en Dactyle, 5 à 7 cm en prairie naturelle.

TABLEAU 1

Différents types d'ensileuses pour l'herbe
(d'après GUILLET - B.C.M.A.)

	Type de machine (largeur de la barre de coupe et nombre de bec à maïs)	PUISSANCE (CV)	Prix indicatifs (1980) (HT) Base	Barre de coupe	Pick up
SPECIALISEES	FLEAU	~ 50	10-13 000		
	DOUBLE COUPE				
	. Classique (1,50 m)	60-70	24 000		
	. Améliorée (1,80 m)	75-85	26 000		
POLYVALENTES	TAMBOUR. TRACTEE				
	I (1,80 m) (1 Rg)	60 - 70	24 000	12 000	8 000
	II (1,80 m) (2 Rg)	90 - 100	32 000	13 500	8 500
	III(2-2,4 m) (2 Rg)	100 - 120	40 000	15 000	9 500
	TAMBOUR. AUTOMOTRICE				
	I (2,4-3,0 m) (2 Rg)	140 - 170	230 000	30 000	10 000
	II (2,4-3,6 m) (3 Rg)	200 - 225	260 000	32 000	12 000
	III(2,4-4,0 m) (3-4 Rg)	240 - 260	300 000	35 000	15 000

TABLEAU 2

Coût par hectare de différents chantiers d'ensilage d'herbe en supposant un plein emploi des machines
(En Francs 1980)

Type de machine et type de chantier	AUTOMOTRICE 210 CV Direct	AUTOMOTRICE 210 CV Ressuyé	TRACTEE 110 CV Ressuyé	DOUBLE COUPE Classique direct	DOUBLE COUPE Améliorée direct
Valeur de l'ensileuse (H.T.)	290 000	272 000	49 500	24 000	26 000
Travail par an (en hectare)	270 *	301 *	213 *	63	76
Temps de chantier (heures/hectare)	55'	45' *(1)*	1 h 10' *(1)*	2 h	1 h 45
Nombre de personnes	5 *(2)*	5 *(2)*	5	5	5
Nombre de tracteurs	4	5	5	5	5
COUT DU CHANTIER (F/ha) *(3)*					
. CHARGES SPECIFIQUES (A)	467	409	249	273	274
+ AMORTISSEMENTS Tracteurs+ Remorques(B)	574	584	500	484	474
+ MAIN-D'OEUVRE (C)	666	692	673	684	649

(1) auquel il faut ajouter le temps de fauche et d'andainage * *herbe + maïs*
(2) sans compter le chauffeur de l'automotrice
(3) pour les chantiers en ressuyé, y compris la fauche et l'andainage.

- une ensileuse tractée de type III avec ressuyage (avec tracteur de 110 CV) ;
- une machine double coupe classique (70 CV) et une améliorée (80 CV) travaillant toutes deux en direct.

Les coûts de chantier par hectare sont calculés, dans un premier temps, en supposant un amortissement optimum du matérel, c'est-à-dire en supposant que les ensileuses travaillent en plein emploi maximum, dans les limites du temps disponible pour une récolte en temps voulu, ce qui exige une utilisation collective. Les machines polyvalentes s'amortissent à la fois sur l'herbe et le maïs (20 jours de maïs, et 18 jours d'herbe, ce qui est élevé et suppose des deuxièmes coupes). On suppose par ailleurs des chantiers bien organisés et un rendement d'environ 5 tonnes de M.S. sur pied.

L'évaluation des coûts peut se faire à trois niveaux de charges *qui ont des significations économiques différentes.*

- *Le 1er ensemble* (A) est celui des *charges directes* ou *char-*

ges spécifiques au chantier. Il comprend le coût de l'ensileuse elle-même (amortissement et intérêt du capital immobilisé, assurance, entretien), le coût de fonctionnement des moteurs de l'ensileuse et des tracteurs (carburants, lubrifiants, entretien), le coût d'entretien des remorques. Le coût du chauffeur de l'automotrice (30 F/heure) qui est un spécialiste, souvent salarié, est inclu à ce niveau, ainsi que les coûts directs de la fauche et du conditionnement des fourrages en cas de ressuyage.

Ce premier total, qui correspond le plus souvent aux ''sorties réelles d'argent'' est le plus élevé avec les ensileuses automotrices, compte tenu du capital important qu'elles représentent.

- *Le 2e ensemble* de charges comporte les frais d'immobilisation (amortissement, intérêt, assurances, etc...) du matériel polyvalent de l'exploitation, tracteurs, remorques et fourches, dont la puissance et la capacité doivent être adaptées au débit des différents chantiers. Les prix sont évalués d'après les valeurs à neuf en 1980. Cela représente des *charges de structure,* préexistantes au chantier, et ne constitue pas une ''sortie d'argent'' directement occasionnée par lui. Pour les évaluer, il est aussi nécessaire de faire certaines hypothèses sur l'emploi général de ces matériels (nous avons admis 750 heures par an pour les tracteurs).

Si on globalise les charges de matériel (B) (1er et 2e ensembles), les différences entre l'automotrice et les autres machines se réduisent à 80-100 F/ha, puisque la première immoblise moins d'heures de tracteurs et de remorques.

- *Le 3e ensemble* de charges est constitué par le temps de travail (évalué d'après les références du Bureau Commun du Matériel Agricole) qui est plus faible avec l'automotrice (4 heures 1/2 par ha, sans le chauffeur, en coupe directe et 3 h 45 mn (+ 1 h 40 mn pour la fauche-andainage) avec ressuyage) qu'avec l'ensileuse tractée (autour de 6 h + 1 h 40 mn de fauche-andainage) et surtout celles à double coupe (8 h 3/4 et 10 h respectivement).

Si on ajoute les frais de main-d'œuvre (sur la base de 20 F/heure) on obtient un total (C) qui est finalement peu différent d'un chantier à l'autre, de l'ordre de 650 à 700 F/ha (F 1980) (2).

Mais il faut bien considérer que les 3 types de dépense ne s'équivalent pas. En particulier, le travail ne donne pas lieu à de réelles sorties d'argent - il est à la fois une dépense et une recette pour qui le fournit. Le comptabiliser en argent est une mauvaise approximation. *Sa valeur est en réalité très différente d'une exploitation à l'autre,* selon les travaux à effectuer par ailleurs. C'est en terme de ''contrainte'' qu'il doit s'évaluer. Ainsi, certains éleveurs laitiers ayant de grosses surfaces à ensiler et devant s'occuper d'un grand troupeau préféreront dépenser davantage (niveau A) et consacrer le minimum de temps de travail, qu'il faut rendre aux coéquipiers dans des conditions parfois pénibles. D'autres, disposant de plus de main-d'œuvre ou ayant moins de surface à ensiler et un troupeau plus modeste pourront préférer consacrer davantage de travail et ''sortir moins d'argent''. Ce peut aussi être le cas des éleveurs spécialisés de vaches allaitantes, qui ont moins de contraintes de travail en période de pâturage mais qui ont un système de production à faible rentabilité.

Finalement, les choix pourront varier beaucoup d'une exploitation à l'autre, selon la surface, la densité de main-d'œuvre, le degré de spécialisation, la situation financière. Une des difficultés du chantier collectif est de concilier des points de vue et des besoins qui peuvent légitimement être différents. La présentation, pas toujours faite aux utilisateurs, des trois ensembles différents de charges pourrait améliorer les discussions.

On peut constater aussi (tabl. 2) que le chantier avec ensileuse tractée apparaît comme un compromis qui concilie l'avantage d'efficacité de travail de l'automotrice et celui de ne pas entraîner trop de charges directes (A). Mais il faut qu'un éleveur dispose d'un tracteur suffisamment puissant qu'il puisse amortir par ailleurs sur d'autres productions. En outre, pendant qu'il fait l'ensilage, le tracteur n'est pas disponible pour d'autres travaux, ce qui peut être gênant au printemps (semis de maïs) comme à l'automne. C'est pourquoi certains groupes ont opté pour cette solution en achetant le tracteur en CUMA, ce qui leur permet de disposer d'un tracteur puissant pour d'autres travaux à effectuer dans l'année...

3) Les coûts augmentent rapidement lorsque le taux d'emploi annuel diminue

Lorsque les surfaces récoltées annuellement diminuent, les coûts augmentent progressivement du fait du poids croissant des charges d'immobilisation des machines ramenées à l'hectare (fig. 1 et 1 bis).

On voit en particulier que les coûts augmentent plus vite avec une automotrice sous-utilisée qu'avec les autres types de machines : utilisée aux 2/3 de sa capacité, elle revient nettement plus cher que les autres chantiers qui immobilisent moins de capital.

Ainsi, le choix d'un type de matériel dépendra beaucoup des surfaces d'ensilage qu'il sera possible de réunir autour de la machine. Chaque machine a sa place d'utilisation en surface (fig. 2), qui ne se recouvre pas avec celle des autres. Il est aisé d'adopter des chantiers élaborés type automotrice dans les zones à forte densité d'ensilage de maïs et d'herbe, les deux productions simultanées permettant une réduction des coûts de chacune d'entre elles. Sur ce plan, le redémarrage de la culture de l'herbe dans certaines zones où le maïs domine peut faciliter les équipements. A l'opposé, lorsqu'il n'y a pas d'ensilage de maïs, comme c'est le cas en montagne, les ensileuses à double coupe, en particulier celles qui sont améliorées et qui ont une coupe ''demi-cine'' peuvent représenter des solutions intéressantes, d'autant plus qu'elles exigent des puissances en traction moins élevées que les tractées classiques.

4) Les nouvelles techniques à base de fourrage mi-fané, autochargeuses et balles rondes

Tous les chantiers précédents ont en commun le fait d'être collectifs, exigeants en personnel et en équipement. Il faut réunir 4 à 6 hommes, 4 à 5 tracteurs, 2 à 4 remorques, parfois de grande capacité, selon le tonnage d'herbe et la distance parcelle-silo. Malgré son *intérêt incontestablement dynamisant,* le chantier collectif n'est pas toujours réalisable.

(2) Toutes les hypothèses adoptées pour le fonctionnement du chantier et le coût de la main-d'oeuvre conduisent à une estimation *modérée* des charges, qui constitue plutôt un minimum.

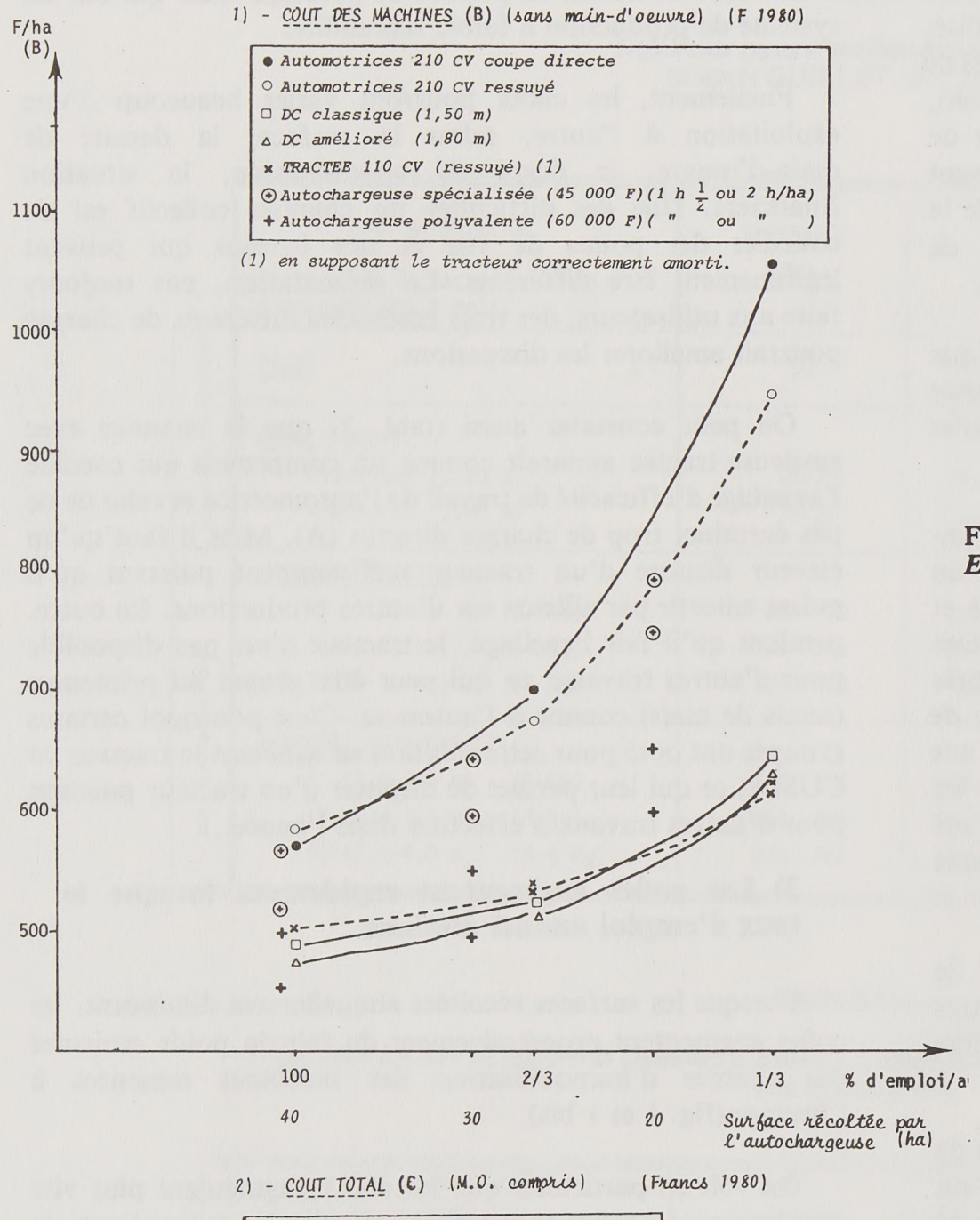


FIG. 1 : *Coût des chantiers d'ensilage*
Evolution selon la proportion d'emploi de l'ensileuse

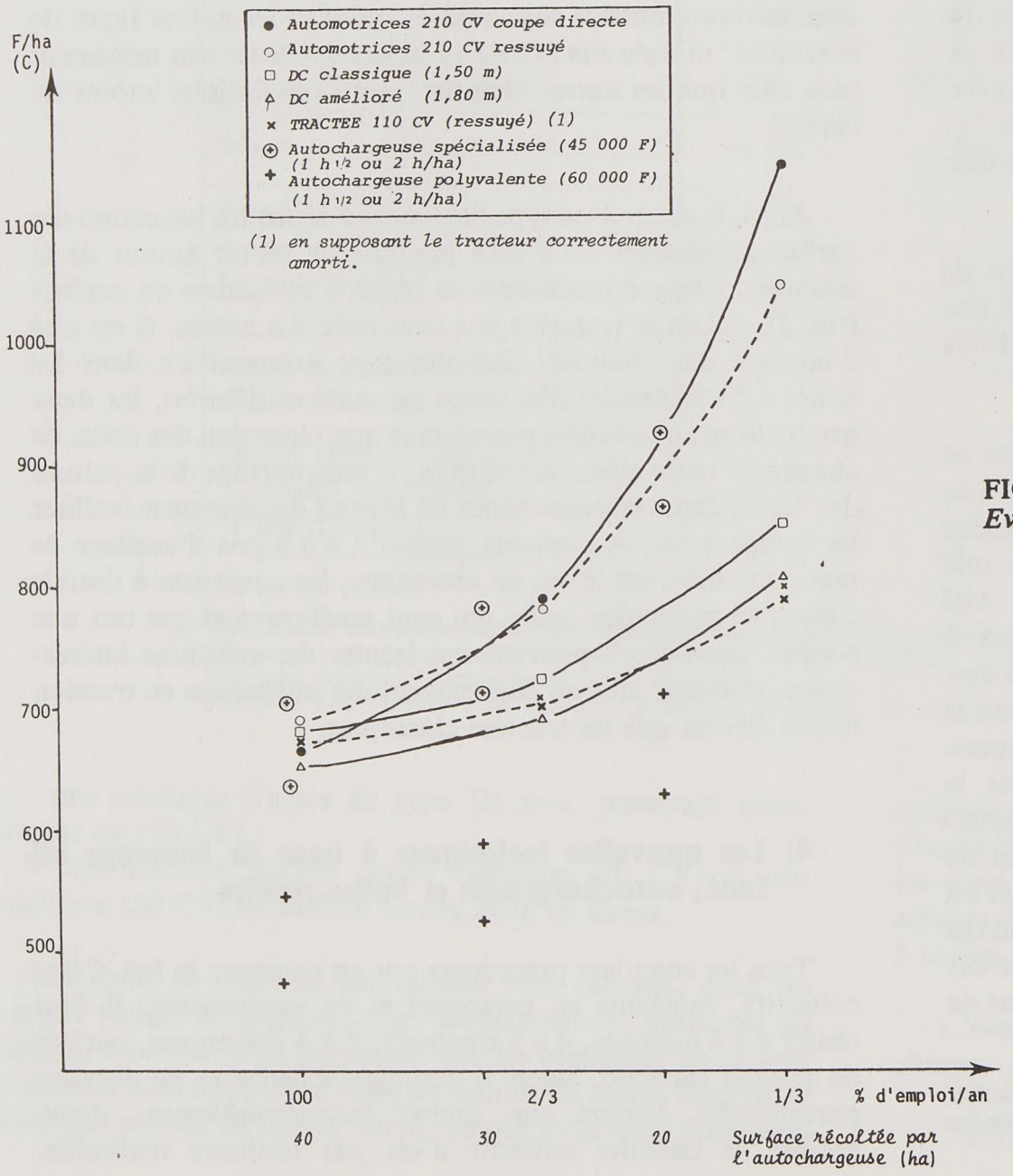
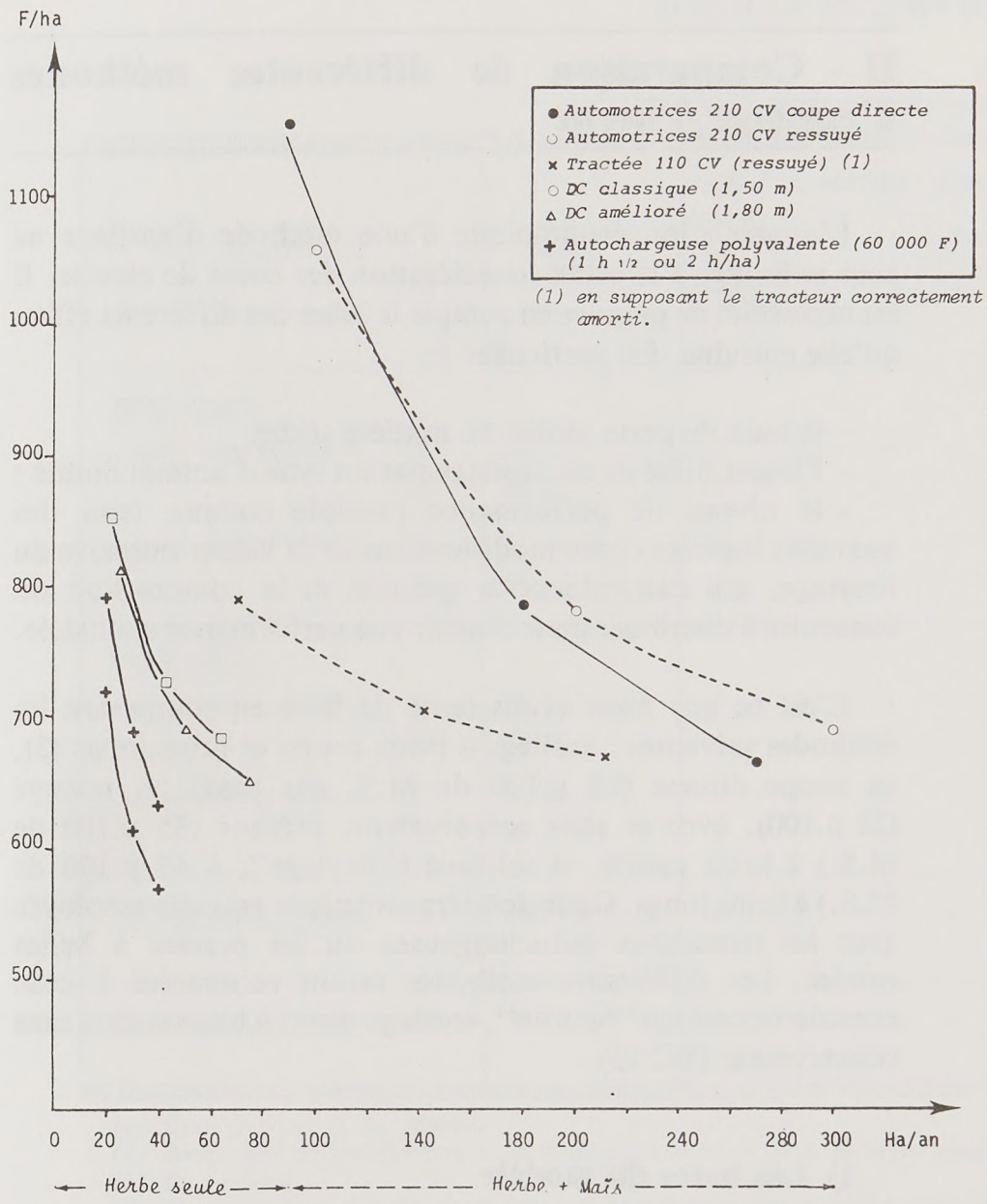


FIG. 1 bis : *Coût des chantiers d'ensilage*
Evolution selon la proportion d'emploi de l'ensileuse

3) - COUT TOTAL (C) , avec main-d'oeuvre



(1) en supposant le tracteur correctement amorti.

FIG 2. : *Coût des chantiers d'ensilage en fonction de la surface ensilée par an*

En outre, en chantier collectif, l'éleveur n'a pas la libre disposition du matériel et il n'a donc pas le choix du moment précis de son intervention, en fonction du stade végétatif de sesprairies. Ce qui n'était pas un obstacle pour le maïs devient une gêne incontestable pour l'herbe dont la valeur nutritive évolue rapidement. De plus, lorsqu'un éleveur opte pour une exploitation intensive de ses prairies, il peut être amené à faire plusieurs coupes échelonnées dans le temps. Or, il n'est pas toujours facile de mobiliser un chantier collectif à plusieurs reprises pour des surfaces qui seront parfois peu importantes.

C'est pourquoi, certains éleveurs laitiers qui retrouvent l'intérêt de la culture de l'herbe (en particulier le ray-grass anglais), comme en Bretagne par exemple, dans les zones où le rendement du maïs est mal assuré, recherchent des méthodes d'ensilage plus autonomes et plus simples à mettre en oeuvre, possibles à mener avec 2 hommes, 2 tracteurs et si possible du matériel moins spécialisé. C'est ce qui explique l'intérêt qui est actuellement porté aux chantiers avec remorque autochargeuse ou avec presse à balles rondes, qui répondent à ces caractéristiques. Ces matériels ont en outre l'intérêt d'exiger des puissances moins élevées que les ensileuses trainées (de l'ordre de 60 à 80 CV) et les spécialistes estiment que la consommation d'énergie est divisée par deux (BASSEZ, 1981). Rappelons que ces deux chaînes de récolte reposent sur la réalisation d'un préfanage assez poussé (haylage ou mi-fané entre 45 et 50 p.100 de M.S.).

Il n'y a d'ailleurs pas que les éleveurs laitiers à être intéressés par ces nouvelles méthodes. Les éleveurs de vaches allaitantes des zones herbagères peuvent l'être également, en particulier en zone charolaise. Ils ne peuvent pas toujours faire de grande surface de maïs ensilage et ils sont déjà équipés pour cela de machines spécialisées. Ils commencent à faire de l'ensilage d'herbe mais le foin reste toujours important. Pour eux, le fait d'avoir un matériel adapté à la fois à l'ensilage et au foin (voire à la paille) est à priori séduisant.

De nombreuses questions se posent à propos de ces nouvelles chaînes de récolte, qui commencent à faire l'objet de quelques publications. Il n'est pas question ici de faire le point sur l'ensemble des problèmes mais d'éclairer quelques aspects, notamment le coût. On ne l'établira que pour l'autochargeuse car il est prématuré de le faire pour les presses à balles rondes, certaines données nous manquant (temps de chantier en fonctionnement normal, coût du plastique, technique non encore stabilisée, etc...).

Deux hypothèses de type de machine sont prises pour la remorque autochargeuse.- Celle d'une machine pouvant servir à d'autres usages, distribution des aliments à l'auge ou distribution d'herbe coupée, ou même du foin (32 m^3, 60 000 F H.T. prix 1980 sans les dispositifs de déchargement latéral) : nous avons alors affecté la moitié seulement des frais d'immobilisation pour l'ensilage.- Celle d'une machine de même capacité mais plus légère (45 000 F H.T.) destinée uniquement à l'ensilage. Nous avons retenu deux hypothèses de durée de chantier, selon l'éloignement des parcelles (1 h 1/2 ou 2 heures/ha, à 2 hommes et 2 tracteurs de 60 et 80 CV, auxquels s'ajoutent les temps de fauche, de fanage et d'andainage (3 h/ha)) d'après les données déjà observées en France (E.D.E. Finistère ; BASSEZ et CARRIERE, 1981 ; VIGNIER, 1980). Nous avons admis un ''plein emploi'' à 40 hectares par an, ce qui suppose un certain étalement des récoltes.

Les coûts correspondant aux différentes hypothèses (fauche, fanage, andainage inclus) sont rassemblés dans le tableau 3 et reportés sur les graphiques précédents (I I Bis et II). Le coût global (C) avec la remorque à usage multiple est nettement inférieur à celui des autres chantiers lorsqu'on réalise le plein emploi ; mais le coût s'élève relativement vite lorsqu'on diminue la surface récoltée car la part des amortissements dans le coût est prépondérante. En revanche, lorsque la remorque n'est utilisée que pour l'ensilage d'herbe, le coût de chantier se rapproche de celui d'une automotrice, et il faudrait utiliser des remorques moins coûteuses. On voit, s'il en était besoin, l'importance de la multi-utilisation du matériel sur les coûts ; sur ce plan, la technique des balles rondes a le même avantage. Ces résultats doivent aussi inciter à une certaine prudence pour l'acquisition de certains matériels très perfectionnés mais devenant très onéreux.

TABLEAU 3

Estimation du coût de chantier d'ensilage d'herbe avec remorque autochargeuse (1)

Surface récoltée par an (ha)	40		20	
Temps de chantier *(2)* (à 2 hommes 2 tracteurs) (heures/ha)	1 1/2	2	1 1/2	2
1) - *Machine polyvalente* (60 000 F H.T. *(3)* amorti à moitié sur l'ensilage)				
Charges spécifiques (A)	311	342	464	495
+ Amortissement tracteur, faucheuse faneuse (B)	447	497	600	650
+ Main-d'oeuvre ..... (C)	567	637	720	790
2) - *Machine spécialisée* (45 000 F H.T. amorti seulement sur l'ensilage)				
Total avec main-d'oeuvre (C)	639	706	869	936

(1) Coût comprenant la fauche, le fannage et l'andainage
(2) Auquel il faut ajouter 3 heures par ha pour la fauche, le fannage et l'andainage
(3) Non compris les dispositifs de déchargement latéral (environ 6 000 F.

On comprend ainsi l'intérêt que peut susciter une telle technique puisque à ses avantages intrinsèques d'autonomie, de souplesse, d'adaptation à l'intensification fourragère, elle ajoute un coût qui, dans certaines conditions, peut ne pas être excessif. Elle peut entraîner une nouvelle extension de l'ensilage en permettant à certains éleveurs isolés ou hésitant à rentrer dans un groupe, de s'y lancer.

Cependant, il faut rappeler ses inconvénients. Elle suppose un préfanage poussé, dont on verra les conséquences en deuxième partie. En outre, ce préfanage sera-t-il toujours possible à bonne date au printemps, ne va-t-il pas entraîner un retard dans la récolte alors que le principal intérêt était de retrouver la liberté d'exploiter au bon stade ? Cette méthode n'est vraiment bien adaptée qu'aux fourrages assez feuillus (difficultés avec le ray-grass italien). Surtout, sur le plan économique, elle repose un problème au niveau de *la récolte du maïs ensilage : le coût* de celle-ci *risque d'être indirectement accru*, puisque les ensileuses ne seront plus amorties sur l'herbe complémentaire. Cet aspect du problème est certainement à envisager pour déterminer dans quelle situation ces nouvelles techniques sont les mieux placées.

II - Comparaison de différentes méthodes d'ensilage d'herbe

L'appréciation économique d'une méthode d'ensilage ne peut se limiter à la seule considération des coûts de récolte. Il est nécessaire de prendre en compte le bilan des différents effets qu'elle entraîne. En particulier :

- le taux de perte global en matière sèche;
- l'ingestibilité de cet ensilage par un type d'animal donné ;
- le niveau de performance possible compte tenu des quantités ingérées et des modifications de la valeur nutritive du fourrage, qui déterminent la quantité et la composition du concentré à distribuer pour obtenir une performance souhaitée.

C'est ce que nous avons tenté de faire en comparant les méthodes suivantes : ensilage à brins courts et brins longs (3), en coupe directe (15 p.100 de M.S. sur pied) ou ressuyé (23 p.100), avec et sans conservateur, préfané (35 p.100 de M.S.) à brins courts, et mi-fané (''haylage'', à 45 p.100 de M.S.) à brins longs. Cette dernière technique est celle employée avec les remorques autochargeuses ou les presses à balles rondes. Les différentes méthodes seront comparées à celle considérée comme ''témoin'', ensilage direct à brins courts sans conservateur (BC 15).

1) Les bases du modèle

Nous avons pris l'exemple de vaches laitières consommant du ray-grass anglais (5 000 kg de M.S sur pied au 1er cycle ensilé et 4 000 kg de M.S. consommée au pâturage ensuite ; il peut y avoir ''transfert'' entre le 1er cycle et les cycles suivants, par ensilage de 2e coupe ou par consommation d'ensilage de 1er cycle en été en complément du pâturage).

Les bases retenues pour la comparaison économique sont rassemblées dans le tableau 4 établi en collaboration avec C. DEMARQUILLY. Il s'agit d'estimations effectuées d'après les résultats obtenus à l'I.N.R.A. (J.P. DULPHY, 1976) à l'I.T.C.F. (MOSNIER, 1978) et ceux rapportés dans la bibliographie (récapitulation JARRIGE, DEMARQUILLY *et al.*, 1981).

- *Le taux de perte* est un des facteurs les plus importants. Nous avons surtout cherché à évaluer les différences par rapport au témoin. Nous nous plaçons dans le cas d'un silo couloir et dans de bonnes conditions de préparation et d'utilisation (remplissage rapide, tassement, fermeture correcte etc...). Les pertes ne semblent pas différer selon la longueur des brins. Les pertes par jus sont réduites avec le ressuyage et peuvent être considérées comme nulles à partir de 25 p.100 de M.S. L'addition de conservateur les accroît en ensilage direct mais très peu en ressuyé. Les pertes par gaz considérées ici incluent les pertes lors de la reprise de l'ensilage après l'ouverture du silo ; les pertes par gaz ne diminuent que très légèrement avec la teneur en M.S. ; en revanche, le conservateur

(3) Il s'agit de brins de plus de 10 cm. Les résultats concernant les brins moyens sont encore trop peu nombreux pour permettre des estimations.

TABLEAU 4

Estimation des effets techniques des différentes méthodes d'ensilage d'herbe
(d'après J.P. DULPHY et C. DEMARQUILLY)

Cas d'un Ray-grass anglais à 0,85 U.F.L. sur pied

TYPE D'ENSILAGE (a)		SIGLE	PERTE de MATIERE SECHE (%) au champ	jus	gaz	inconsommable	TOTAL	Valeur UFL /kg MS	QUANTITE INGEREE de M.S. d'ensilage (kg)	Lait permis par ensilage (kg)	Pour une production de 17 kg de lait (3) Conc. produc. (1) (kg) (2)	Soja 50 (kg) (2)	Maïs (kg) (2)
BRINS COURTS													
. sans conservateur	15	BC 15	*0*	*6*	*14*	*3*	*23*	*0,85*	9,7	7,5	3,32	0,40	0
	23	BC 23	*3*	*1*	*12*	*4*	*20*	*0,85*	10,9	10	1,95	0,80	0
. avec conservateur	15	BC 15 AF	*0*	*9*	*9*	*3*	*21*	"	11,0	10	2,64	0	0
	23	BC 23 AF	*3*	*2*	*6*	*4*	*15*	"	12,6	13,3	1,20	0,30	0
BRINS LONGS													
. sans conservateur	15	BL 15	*0*	*6*	*14*	*3*	*23*	*0,82*	8,2	4,0	4,75	0,20	0
	23	BL 23	*3*	*1*	*12*	*4*	*20*	*0,82*	9,2	6,0	3,93	0,20	0
. avec conservateur	15	BL 15 AF	*0*	*9*	*9*	*3*	*21*	"	9,2	6,0	3,13	0	1,00
	23	BL 23 AF	*3*	*2*	*6*	*4*	*15*	*0,83*	10,2	8,0	2,80	0	0,50
PREFANE Brins courts	35	PREFA (22 %)	*6*	*0*	*11*	*5*	*22*	*0,80*	12,4	11,5	2,15 +0,40	0	0
MI-FANE Brins longs	45	MI-FA (24 %)	*8*	*0*	*10*	*6*	*24*	*0,75*	13,6	12,7	0,20 +0,40	0	1,50

(a) Taux de M.S. à la récolte
(1) Concentré de production : 20 % de T.Soja 50 + 80 % de maïs grain
(2) En kg brut.
(3) En supposant un gain de poids nul (sauf pour les rations avec ensilage préfané et mi-fané, qui exigent 0,4 kg de concentré en plus).

les réduit car l'ensilage est plus stable lors de la reprise. Les pertes par inconsommable qui peuvent être très variables, en particulier selon le soin apporté à la confection du silo et à sa protection, tendent à s'accroître avec la teneur en M.S., du fait des difficultés de tassement. Les pertes au champ, considérées comme nulles en ensilage direct augmentent avec l'intervalle de temps entre la fauche et le ramassage et avec les maniements du fourrage au sol; ces pertes, difficiles à mesurer, dépendent beaucoup des conditions météorologiques qui accompagnent le ressuyage et le préfanage et leur estimation est particulièrement aléatoire : nous avons opté, dans le modèle de base, pour des conditions sans pluie.

- *Le temps de séjour* au sol au-delà de 24 heures s'accompagne également d'un léger *retard des repousses* ultérieures, pertes évaluées dans le modèle à 90 kg et 180 kg de M.S. sur pied par hectare respectivement pour le préfané et le mi-fané.

- *La digestibilité* du fourrage est inchangée par rapport à la valeur sur pied en cas d'ensilage à brins courts. Pour les ensilages à brins longs, on a admis une légère baisse qui provient du niveau élevé du concentré dans la ration (digestibilité associative négative). Il se produit, par contre, une nette diminution de la digestibilité en cas de préfanage et plus encore de mi-fanage du fait de la respiration du fourrage au sol.

- Il est retenu dans le modèle une vache laitière produisant 17 kg de lait et recevant une ration de base exclusivement constituée d'ensilage (4). Les quantités ingérées d'ensilage et de concentré ont été calculées à partir des valeurs d'encombrement déduites des données présentées par DULPHY (1979) et des taux de substitution du système des UEB (JARRIGE, 1979). Les différences de consommation d'ensilage, selon la longueur des brins et le taux de matière sèche, combinées aux différences de digestibilité conduisent à des niveaux de production laitière permises par la ration de base allant de 4 à 13,3 kg/jour. Les quantités de concentré et sa composition, en fonction des modifications plus ou moins importantes de valeur azotée du fourrage, sont déterminées pour permettre la production de 17 kg de lait. Mais nous avons majoré les quantités de concentré distribuées de façon à apporter 0,43 U.F.L. en plus par jour pour les ensilages préfané et mi-fané ; les résultats de la bibliographie (cf. synthèse récente de WILKINS, 1980) montrent en effet que pour un apport d'U.F.L. identique, il y a toujours avec ces ensilages, une production laitière plus faible et une reprise de poids plus forte qu'avec les ensilages directs. Nous n'avons cependant pas valorisé la reprise de poids supplémentaire correspondante, car il est très difficile d'en déterminer les effets économiques finaux (reproduction, valeur de réforme, etc...) ; ce point est incontestablement une difficulté pour le bilan.

(4) Il s'agit donc d'un premier calcul simplifié, qui devrait être repris à l'échelle d'une lactation et d'un troupeau complet, selon différents niveaux génétiques et différentes époques de vêlage.

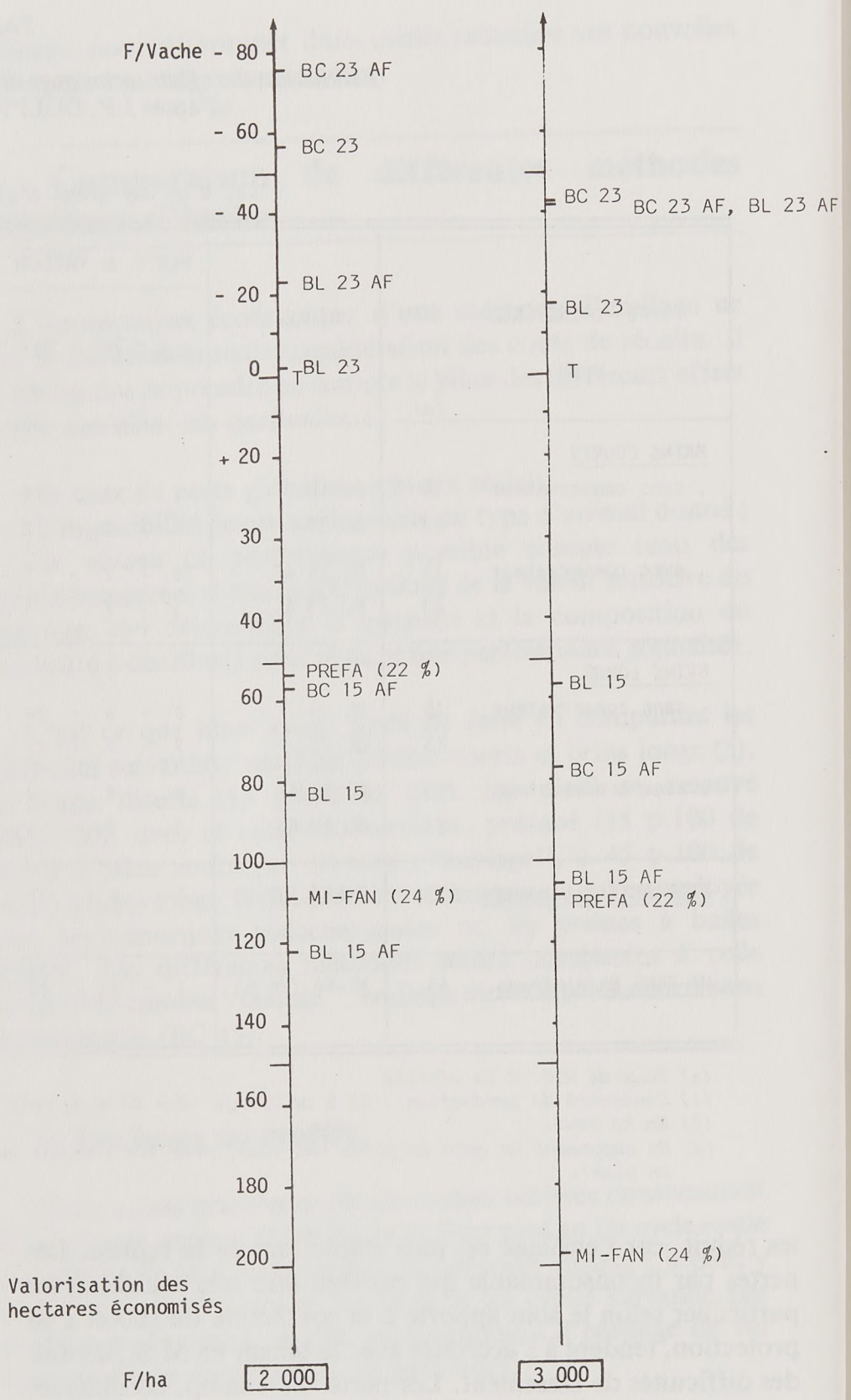
2) Bases économiques du modèle

Il est estimé l'ensemble des coûts des facteurs qui varient selon la méthode d'ensilage. Les résultats sont ramenés à la vache présente sur l'année et exprimés par différence avec le coût de la méthode témoin (BC 15). Les différents facteurs pris en compte dans la comparaison sont :

- la consommation de concentré pendant l'hiver (T. Soja 1,60 F/kg, Maïs grain 1,10 F/kg) ;
- le coût du conservateur (3,2 l par tonne de vert, 3,70 F/litre) ;
- la valeur du fourrage sur pied (évaluée sur la base des seules charges opérationnelles à 1 350 F/ha) ;
- le coût de récolte (550 F par ha, identique dans un premier temps pour les différentes méthodes, l'objet du calcul étant de déterminer, en un deuxième temps, les différents coûts de récolte possible assurant les mêmes dépenses par vache)
- le coût de stockage de la matière sèche consommée (0,12 F/kg M.S.C.).

Compte tenu des différences de taux de perte et de consommation de M.S., la surface nécessaire pour nourrir une vache est variable selon les méthodes d'ensilage. Deux possibilités s'offrent à l'éleveur (à même niveau d'intensification fourragère) : soit conserver la même surface fourragère et adapter le cheptel, soit conserver le même cheptel et adapter la surface fourragère. Nous opterons pour la deuxième solution qui est plus générale et qui tempère les écarts économiques. Pour tenir compte des différences de surface fourragère mises en jeu, on estimera que les surfaces non fourragères ''économisées'' (ou ''sacrifiées'') pourraient être valorisées par d'autres productions (céréales ou autres cultures de vente) dont l'intérêt économique est représenté par la marge brute qu'il est possible d'en retirer (2 hypothèses de marge sont retenues ici : 2 000 et 3 000 F par hectare).

NB : On peut penser qu'un éleveur pourrait éviter d'étendre sa surface fourragère en augmentant la quantité de matière sèche produite par hectare, grâce notamment à la fertilisation. Le résultat dépendra alors de la réponse de la production fourragère à la fertilisation, qui peut être très variable selon les lieux, l'année et la production déjà réalisée dans le témoin. Mais en fait, rien ne s'oppose à ce que les éleveurs utilisant les différentes méthodes d'ensilage réalisent le même effort d'intensification fourragère, ce qui nous oblige à rester dans le cadre de la comparaison prévue, avec même production de matière sèche par hectare.



Témoin : Ensilage direct brins courts sans conservateur (BC 15)

Ecart exprimé en F par vache pour une année, selon la valorisation des hectares économisés

FIG. 3 : *Ecart de coût par vache des différentes méthodes d'ensilage par rapport au témoin*

3) Résultats

Les résultats exprimés en différence de coût par vache sont reportés sur la figure 3.

a) - *Avec une valorisation des hectares ''économisés'' à 2 000 F,* il se dégage certaines tendances :

- le ressuyage bien réussi a un effet bénéfique certain puisque les 4 traitements qui l'utilisent sont les seuls à être moins coûteux que le témoin ;
- les ensilages à brins courts sont plus avantageux que ceux à brins longs (de 40 à 85 F/vache), mais les ensilages à brins longs ressuyés se placent mieux que ceux à brins courts récoltés en direct ;
- l'intérêt du conservateur est variable selon le taux de matière sèche. En coupe directe, l'addition de conservateur accroît les coûts (de 60 à 40 F/vache), ce qui rejoint certaines conclusions déjà tirées par ailleurs (J.P. DULPHY, G. LIENARD, 1981). Mais il faut rappeler qu'il s'agit d'un fourrage qui s'ensile bien et on ne peut pas généraliser pour l'instant aux fourrages qui peuvent poser des problèmes (luzerne, dactyle par exemple). Avec ressuyage, le conservateur devient légèrement avantageux (de 20 à 25 F/vache), essentiellement grâce à la réduction des pertes qu'il permet ;
- le préfanage est légèrement plus coûteux que le témoin (55 F/vache) et le mi-fané l'est davantage encore

(109 F), du fait des différents désavantages qu'il cumule : taux de perte au champ élevé, réduction des repousses, chute de digestibilité, plus faible valeur laitière.

Il est possible de transformer ces écarts de coût par vache (évalués avec le même coût de récolte) en différence de coût de récolte par hectare d'herbe susceptible d'égaliser les dépenses par vache (figure 4). La hiérarchie des méthodes n'est pratiquement pas modifiée. On voit que l'on dispose de 200 à 300 F par ha pour réaliser le ressuyage, à condition de le réussir. En revanche, les coûts de récolte admissibles pour les ensilages préfané et mi-fané sont plus faibles que celui du témoin de 100 et 200 F par hectare respectivement, ce qui est beaucoup pour le second.

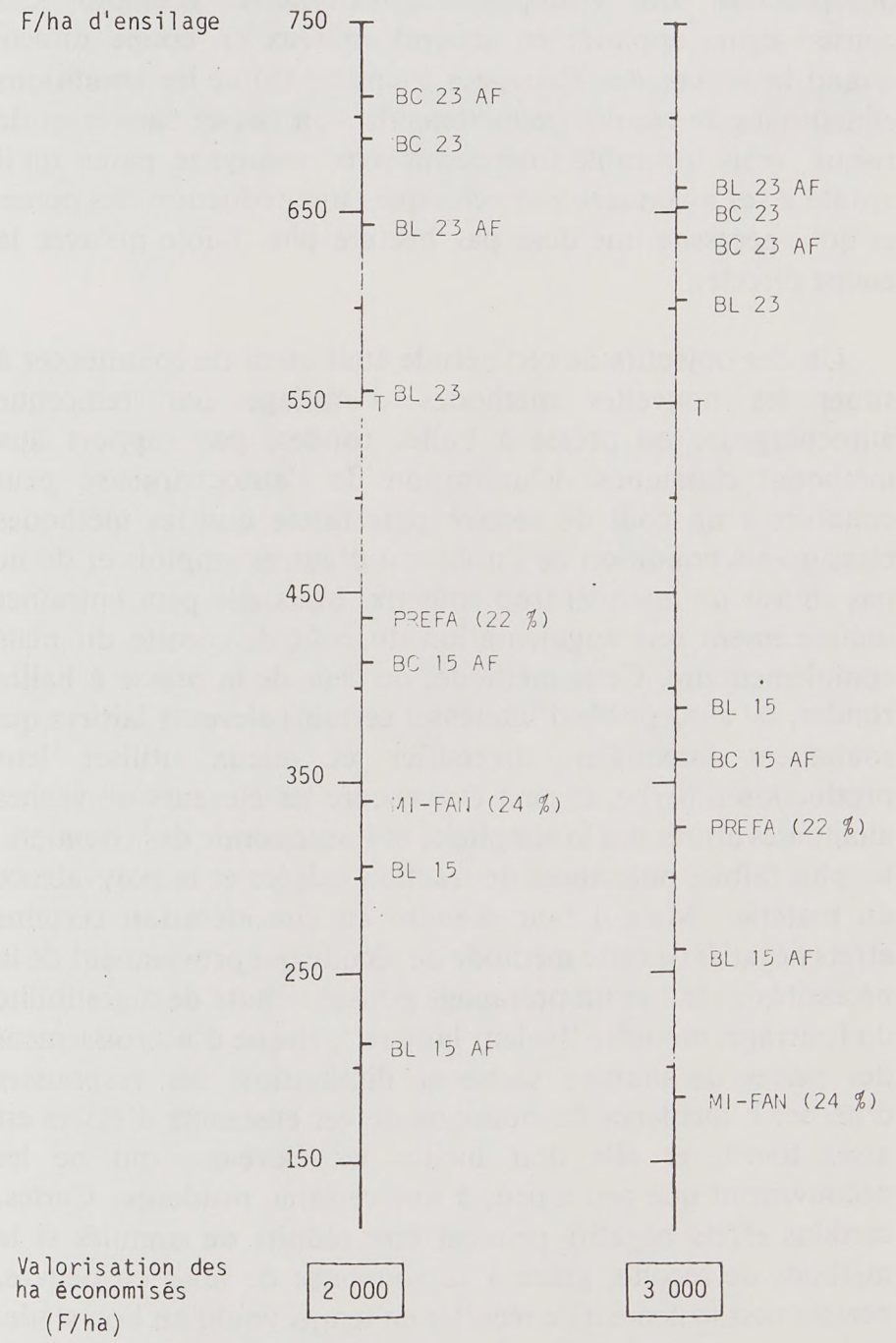


FIG. 4 : *Coût de récolte admissible par hectare d'herbe pour égaliser les coûts par vache*

Il faut voir les tendances et non les valeurs elles-mêmes, qui varient selon les hypothèses économiques et en particulier selon la valorisation des hectares économisés, c'est-à-dire selon le contexte global de l'exploitation.

b) - *Lorsque la valorisation des hectares économisés passe de 2 000 à 3 000 F/ha,* la hiérarchie des résultats économiques se modifie en fonction de la surface par vache exigée par chaque traitement par rapport au témoin. Ce rapport des surfaces dépend à la fois du niveau de consommation journalière et du taux de perte (tabl. 5).

TABLEAU 5

Indice de surface par vache par rapport au témoin pour les différentes méthodes d'ensilage

BC 15	100	BL 15	92,4	Préfané (22 %)*	129,8
BC 23	109,6	BL 23	95,6	Mi-fané (24 %)*	140,7
BC 15 AF	112,3	BL 15 AF	96,2		
BC 23 AF	123,1	BL 23 AF	97,6		

*22 et 24 % correspondent aux taux de perte.

Les ensilages à brins longs, qui exigent moins de surface que le témoin, améliorent leur position économique. C'est l'inverse pour ceux à brins courts et plus encore pour les ensilages préfané et mi-fané.

Certaines des tendances précédentes, effets favorables du ressuyage et de la coupe fine, demeurent. L'intérêt du conservateur avec ressuyage est amoindri par le fait qu'il tend à faire utiliser un peu plus de surface malgré la réduction des pertes. Les modifications les plus profondes concernent l'ensilage préfané et surtout le mi-fané dont la position économique régresse nettement.

La sensibilité des résultats à la valorisation des hectares économisés rappelle, s'il en était besoin, que l'intérêt des techniques ne peut être apprécié qu'en tenant compte du contexte global de l'exploitation et des incidences générales qu'elles peuvent avoir.

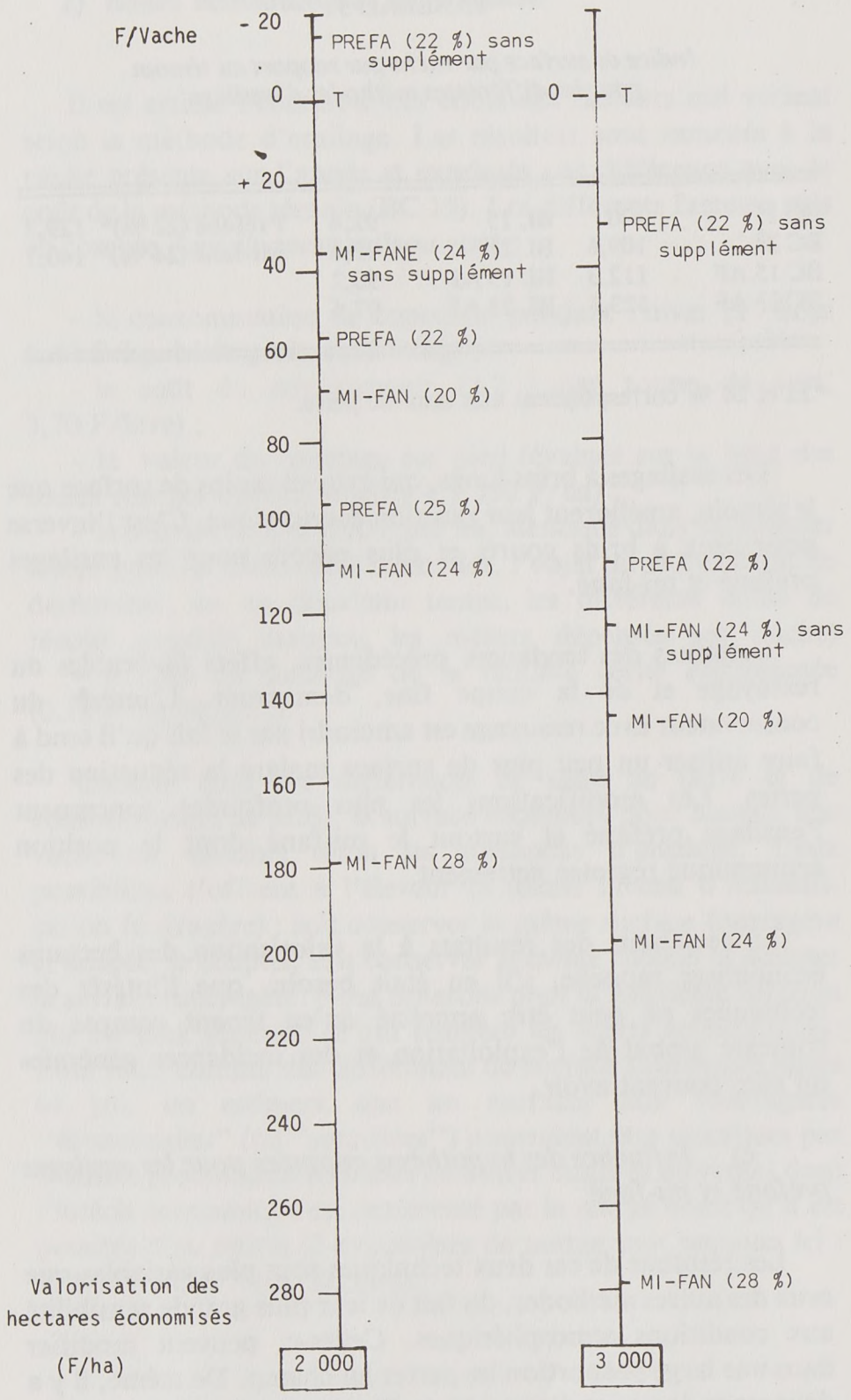
c) - *Influence des hypothèses adoptées pour les ensilages préfané et mi-fané*

Les résultats de ces deux techniques sont plus variables que ceux des autres méthodes, du fait de leur plus grande sensibilité aux conditions atmosphériques. Celles-ci peuvent modifier dans une large proportion les pertes au champ. De même, il y a davantage de risque d'apparition d'inconsommable dans le silo (notamment pour la technique des balles rondes). Il est utile donc de voir l'incidence des variations du taux de perte sur les résultats.

Nous avons recalculé les résultats de l'ensilage préfané avec un taux de perte passant de 22 à 25 p.100 (+ 3 points) et ceux de l'ensilage mi-fané en supposant deux hypothèses opposées par rapport à la situation initiale (24 p.100 de perte) : une augmentation des pertes jusqu'à 28 p.100, tout à fait possible s'il y a pluie, et une situation optimum où les pertes seraient réduites au minimum avec un taux de 20 p.100 (fig 5).

L'influence du taux de perte est importante. Avec préfanage, l'augmentation de 3 points se traduit par un accroissement du coût par vache de 40 à 47 F (soit 79 à 96 F/ha). Pour le mi-fanage, la réduction du taux de perte à 20 p.100 permet de gagner 40 à 52 F par vache (76 à 97 F/ha) mais son augmentation à 28 p.100 entraîne une détérioration plus ample puisque le coût par vache s'accroît de 70 à 83 F (103 à 109 F/ha). Il faut observer également que l'ensilage mi-fané avec 20 p.100 de perte reste à un coût plus élevé que le témoin.

Le handicap économique de ces deux méthodes provient également de la nécessité d'accroître la distribution du concentré pour obtenir la même production laitière. Cette augmentation représente 73 F/vache. Sans cette contrainte, le



Coût par vache, par rapport au Témoin (BC 15), selon la valorisation des hectares économisés
PREFANE : 22 % de perte avec ou sans supplément de concentré
25 % de perte avec supplément de concentré
MI-FANE : 24 % de perte avec et sans supplément de concentré
20 et 28 % de perte avec supplément de concentré

FIG. 5 : ***Influence du taux de perte de M.S. et du supplément en concentré dans le cas du préfané et du mi-fané***

préfané (à 22 p.100 de perte) serait pratiquement à parité avec le témoin. On voit l'importance qu'il y a à préciser ce point. Notons aussi que ce handicap n'existerait sans doute pas pour les éleveurs de vaches allaitantes.

Conclusion

L'ensilage d'herbe peut être pratiqué de façons très diverses. Le choix d'une méthode s'avère difficile et complexe car il met en jeu de nombreux facteurs dont les effets sont très variables et parfois encore mal connus.

Il faut tenir compte des coûts de mise en oeuvre du matériel, qui sont lourds, et qui dépendent des conditions d'organisations locales et notamment des possibilités de travail en groupe. En effet, les coûts de chantier dépendent moins du type de matériel que de la manière dont il peut être amorti.

Il faut aussi tenir compte du système fourrager dans son ensemble, de la nature des fourrages à ensiler et de la place qu'ils occupent. A l'inverse, le choix fait pour une chaîne de récolte donnée entraînera ensuite, du fait de ses contraintes propres, une adaptation du système fourrager.

Il faut tenir compte enfin des conséquences zootechniques des différentes méthodes possibles. On a pu mettre en évidence l'intérêt d'un ressuyage bien fait pour lequel des références complémentaires doivent cependant être obtenues. On a confirmé l'intérêt de la coupe fine, mais la comparaison reste à faire pour la coupe moyenne pour laquelle mesures et observations sont entreprises à l'I.N.R.A. L'emploi des conservateurs apparaît en général coûteux en coupe directe quand la nature des fourrages à ensiler (5) et les conditions climatiques de récolte permettent de s'en passer sans trop de risque, mais il semble intéressant avec ressuyage parce qu'il ajoute à ses avantages zootechniques une réduction des pertes et qu'il nécessite une dose par hectare plus faible qu'avec la coupe directe.

Un des objectifs de cette étude était aussi de commencer à situer les nouvelles méthodes d'ensilage par remorque autochargeuse ou presse à balles rondes, par rapport aux méthodes classiques. L'utilisation de l'autochargeuse peut conduire à un coût de récolte plus faible que les méthodes classiques à condition de l'utiliser à d'autres emplois et de ne pas choisir un matériel trop coûteux. Mais elle peut entraîner indirectement une augmentation du coût de récolte du maïs complémentaire. Cette méthode, ou celle de la presse à balles rondes, est susceptible d'intéresser certains éleveurs laitiers qui souhaitent intensifier, diversifier et mieux utiliser leur production d'herbe, et peut-être encore les éleveurs de vaches allaitantes attirés par la simplicité et l'autonomie des chantiers, les plus faibles puissances de traction exigées et la polyvalence du matériel. Mais il faut prendre en considération certains effets négatifs de cette méthode de récolte qui proviennent de la nécessité de réaliser un préfanage poussé : chute de digestibilité du fourrage, moindre ''valeur laitière'', risque d'accroissement des pertes de matière sèche et diminution des repousses d'herbe. L'incidence économique de cet ensemble d'effets est assez lourd, et elle doit inciter les éleveurs, qui ne les découvriront que peu à peu, à une certaine prudence. Certes, certains effets négatifs peuvent être réduits ou annulés si la méthode de récolte, grâce à sa souplesse de mise en oeuvre, permet non seulement de récolter en temps voulu au bon stade, et donc de gagner sur la valeur nutritive du fourrage sur pied, mais aussi d'accroître la production globale de fourrage sur l'année. Certains éleveurs laitiers de Bretagne misent sur ces gains. Mais la nécessité du préfanage représente au printemps un certain risque de ne pas réaliser ces objectifs, au contraire. Quoiqu'il en soit, ce pari, pour être gagné, exige une excellente maîtrise technique. C'est pourquoi des observations doivent être menées dans diverses situations et des études analytiques entreprises afin de mieux apprécier *les risques* des différentes méthodes et de mieux préciser dans quelles conditions ces méthodes peuvent être les plus appropriées.

(5) Rappelons que nous avons raisonné sur le ray-grass, fourrage facile à ensiler. Ces conclusions pourraient être différentes avec des fourrages type dactyle et surtout luzerne pour lesquels l'absence de conservateur conduit le plus souvent à une mauvaise conservation.

Références bibliographiques

BASSEZ J., CARRIERE M., 1981. Autochargeuse, l'ensilage en liberté. *Agrisept,* **823**, 41-51.

DULPHY J.P., 1976. Bilan de conservation des ensilages d'herbe. *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.* **25**, 33-34.

DULPHY J.P., 1979. The intake of conserved forages. in *''Forage conservation in the 80's''*. Proc. of the Meeting of the European Grassland Federation, Brighton, 27-29 November.

DULPHY J.P., LIENARD G., 1981. Effet de l'acide formique sur la valeur alimentaire des ensilages directs d'herbe destinés aux vaches laitières, conséquences économiques. *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.* **44.**

E.D.E. du FINISTERE et G.V.A. de MORLAIX, 1981. *Quelle place accorder aujourd'hui à l'ensilage d'herbe. Que peut-on attendre des ensilages à la remorque autochargeuse par rapport aux autres techniques d'ensilage* ?, 76 p.

I.T.C.F., 1978. Qualité de conservation et bilans de silo. *Perspective Agricole,* mai 1978, n°5, 80-89.

JARRIGE R., 1979. Le système des unités d'encombrement pour les bovins. *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.,* **39**, 57-79.

JARRIGE R., DEMARQUILLY et al., 1981. Valeur alimentaire et utilisation des fourrages conservés. (en préparation).

VIGNIER D., 1980. Ensilage d'herbe avec autochargeuse. Combien cela coûte ? *Entraide Ouest,* **50**, 16-17.

WILKINS, 1980. *Communication personnelle.*

A propos de l'ouvrage

DIGESTIVE PHYSIOLOGY AND METABOLISM IN RUMINANTS

PHYSIOLOGIE DIGESTIVE ET METABOLISME CHEZ LE RUMINANT

par

Y. RUCKEBUSCH et P. THIVEND

Le Ve Symposium International sur la Physiologie des Ruminants a réuni, du 3 au 7 septembre 1979, 500 chercheurs qui ont assisté à la présentation de 37 rapports généraux et 120 communications par les spécialistes de la ''Mérycologie'', c'est-à-dire de la science qui s'occupe des ruminants. Nous illustrerons l'importance des recherches dans ce domaine en rappelant que la population de bovins dans le monde est d'environ 1 milliard de têtes, et que les ruminants côtoient l'homme sous toutes les latitudes pour la production de lait, de viande, de laine ou pour le travail.

Les documents rédigés à l'occasion de ce symposium comprennent :

- le numéro 2/3 du volume 10 des Annales de Recherches Vétérinaires*, qui fut mis à la disposition des congressistes le 3 septembre 1979 ;
- un ouvrage de 843 pages**, paru en août 1980, qui rassemble les 37 rapports de synthèse présentés pendant le symposium. L'ouvrage est divisé en 8 chapitres :

. Motricité gastro-intestinale,
. Physiologie du comportement alimentaire et nutrition,
. L'écosystème microbien du rumen,
. Digestion dans le rumen,
. Métabolisme minéral,
. Métabolisme intermédiaire,
. Adaptation digestive,
. Physiologie digestive comparée.

L'ensemble de ces documents a été rédigé en langue anglaise, qui est la langue officielle de cette série de symposia internationaux. Faute de pouvoir envisager une traduction intégrale, il nous a paru utile d'extraire les principales informations scientifiques pour tous ceux qui n'ont pas pu assister à cette réunion et qui s'intéressent à l'évolution des recherches dans le domaine de la physiologie de la digestion chez le ruminant. Il est en effet utile de rappeler qu'en zootechnie le progrès technique passe par une meilleure connaissance des mécanismes physiologiques de base : la mise au point du système PDI est à cet égard une très bonne illustration.

Nous avons donc jugé nécessaire et important de ne pas laisser les informations recueillies au cours de ce symposium uniquement à la disposition des spécialistes et de présenter dans les 8 articles qui vont suivre (4 numéros du bulletin), l'essentiel des connaissances qui ont été acquises depuis la précédente réunion qui avait eu lieu en Australie en 1974. L'ensemble de ces textes sera rassemblé dans un numéro spécial du bulletin technique que nous tiendrons à votre disposition.

Y. RUCKEBUSCH et P. THIVEND

* *Annales de Recherches Vétérinaires, n°2/3, Vol. 10, 1979. Publiées par le Service des Publications de l'I.N.R.A., C.N.R.A., Route de St-Cyr 78000 VERSAILLES*

** *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants. Ed. Y. RUCKEBUSCH and P. THIVEND, 1980. Publ. MTP Press Ltd., Falcon House, Lancaster, England*

Pour tout renseignement complémentaire, s'adresser à P. THIVEND, Laboratoire de la Digestion des Ruminants - INRA - CRZV de Theix 63110 BEAUMONT

TABLE DES MATIERES DES COMMUNICATIONS PRESENTEES

PHYSIOLOGIE DE LA DIGESTION ET MÉTABOLISME CHEZ LE RUMINANT

(Cinquième Symposium International sur la Physiologie des Ruminants)

Y. RUCKEBUSCH. — Introduction. 155

G. WENHAM. — Influence de la pose d'une canule sur la motricité intestinale (en anglais) 157

J.L. CORBETT, E.P. FURNIVAL, M.W. INSKIP, F.S. PICKERING. — Mesure du débit du contenu intestinal chez le mouton au pâturage (en anglais) 160

A. THEWIS, E. FRANÇOIS, M.F. THIELEMANS, N. THILL, M. ANDRÉ. — Vitesse de transit des contenus digestifs chez le mouton (en anglais) 163

W.C. ELLIS, C. LASCANO, J.H. MATIS. — Etude du mouvement des particules indigestibles au cours de leur passage dans les réservoirs gastriques et dans l'intestin du ruminant (en anglais) 166

D.H. CARR, P.C. SCOTT, D.A. TITCHEN. — Activités de l'œsophage pendant l'éructation chez le mouton (en anglais). 168

Ch. TSIAMITAS. — Étude des phénomènes moteurs au niveau du réseau chez le mouton (en anglais) 171

H.J. EHRLEIN. — Motricité des pré-estomacs chez la chèvre (en anglais) 173

J.W. SISSONS, R.H. SMITH. — Transit digestif et motricité intestinale chez le veau préruminant (en anglais) 176

C. DARDILLAT. — Propagation des salves de potentiel au niveau de l'intestin grêle chez le veau préruminant (en anglais) 179

C.R. KRISHNAMURTI, D.D. KITTS, J.G. TOMPKINS. — Activité myoélectrique de l'utérus chez la brebis au moment du part (en anglais) 183

M. FALEMPIN, J.P. ROUSSEAU. — Déafférentation digestive vagale chez le mouton (en anglais) 186

J.P. ROUSSEAU, M. FALEMPIN. — Activité des neuro-récepteurs du tube digestif chez le mouton éveillé (en anglais) 189

J. VAN BRUCHEM, J.G. DE SWART, G.A. BANGMA. — Influence des protéines de soja sur l'évacuation gastrique chez le mouton (en anglais) 192

E.J. McKAY, L.M. McLEAY. — Étude de la sécrétion du Gastric Intrinsic Factor chez le mouton 195

N.W. BUNNETT, F.A. HARRISON. — Les cellules endocrines du tube digestif du mouton (en anglais) 197

H.W. CHAPMAN, W.L. GROVUM, J.C. NEWHOOK. — Localisation des récepteurs dans les phénomènes d'inhibition du réseau provoqués par la pentagastrine (en anglais) 200

G.H. VEENENDAAL, A.S.J.P.A.M. VAN MIERT. — Rôle des médiateurs humoraux au cours de l'hyperthermie et de la stase ruminale (en anglais). 202

C.S.W. REID, A. JOHN, M.J. ULYATT, G.C. WAGHORN, L.P. MILLIGAN. Mastication et broyage des aliments par le mouton (en anglais) 205

A. DESWYSEN, H.J. EHRLEIN. — Étude radiographique du comportement alimentaire (en anglais) . . 208

P. LE NEINDRE, M.F. MENARD., J.P. GAREL. — Comportement à la tétée et à la buvée des veaux nouveau-nés de race laitière et de race à viande (en anglais) 211

K.A. COLLIS, R.J. TREACHER. — Influence d'une distribution automatique d'aliment sur les quantités ingérées et la production laitière (en anglais) 213

W.L. GROVUM. — Facteurs de variation des quantités volontairement ingérées par le mouton (en anglais) 216

H.H. MEISSNER, J.P. PIENAAR, L.H.P. LIEBENBERG, C.Z. ROUX. — Détermination de la capacité d'ingestion chez les bovins au moyen de la modellisation (en anglais) 219

R. PAQUAY, F. DOIZE, J.Cl. BOUCHAT. — Régulation à long terme de la quantité volontairement ingérée chez le mouton (en anglais) 223

M. FOCANT, F. GALLOUIN, M. LECLERCQ. — Rôle des acides gras volatils dans la régulation de la rumination chez la chèvre (en anglais) 226

S. KATO, Y. SASAKI, T. TSUDA. — Capacité d'ingestion et pression osmotique du contenu de rumen chez le mouton (en anglais) 229

T. NICHOLSON. — Effets de l'insuline sur l'ingestion et sur la rumination (en anglais) 231
M.A. DELLA FERA, C.A. BAILE. — Influence d'une injection de cholecystokinine (C.C.K.) dans le liquide cérébro-spinal sur le déclenchement de la satiété chez le mouton (en anglais) 234
K. HIKOSAKA, Y. SASAKI, T. TSUDA. — Influence du glucose, de l'insuline et des acides gras libres sur la capacité d'ingestion du mouton (en anglais) 237
A. DE JONG. — Régulation de la sécrétion d'insuline et de glucagon chez la chèvre (en anglais) 240
P.M. DRIVER, J.P. FORBES. — Influence d'une injection de chlorure de carbamycholine (carbachol) sur la capacité d'ingestion et la sécrétion de GH (titre)
M.J. LATHAM, D.G. HOBBS, P.J. HARRIS. — Attachement des bactéries du rumen sur les végétaux ayant subi un traitement alcalin (en anglais) 244
T. BAUCHOP. — Rôle des champignons anaérobies du rumen dans la digestion des glucides membranaires (en anglais) 246
J.M. GAWTHORNE. — Isolement des enzymes glycolytiques du contenu de rumen (en anglais) 249
I. YU, R.E. HUNGATE. — Les cellulases extracellulaires issues de *Ruminococcus albus* (en anglais) ... 251
J. DELFOSSE-DEBUSSCHER, D. THINES-SEMPOUX, M. VANBELLE, B. LATTEUR. — Importance des protozoaires dans l'activité cellulolytique du contenu de rumen (en anglais) 255
J. DELFOSSE-DEBUSSCHER, F. VAN HOOF, P. HELLINGS, D. THINES-SEMPOUX. — Activités hydrolytiques des ciliés du rumen (en anglais) 258
J.P. JOUANY, J. SENAUD. — Rôle des protozoaires du rumen dans la digestion des glucides membranaires des aliments (en anglais) 261
J. GRAIN, C.A. GROLIERE, J. SENAUD, P. de PUYTORAC, B. ZAINAB, J.P. JOUANY. — Implantation des ciliés dans le rumen : influence du genre des ciliés et du type d'aliment (en anglais) 264
A. KISTNER, J. THERION, J.H. KORNELIUS, A. HUGO. — Rôle du pH sur la vitesse de croissance des bactéries du rumen (en anglais) 268
G.H.M. COUNOTTE, R.A. PRINS. — Mesure de l'utilisation d'un substrat par les milieux bactériens complexes (en anglais) 271
J. LEIBHOLZ, R.C. KELLAWAY. — Besoin en acides aminés des microorganismes du rumen (en anglais) 274
D. DEMEYER, C. VAN NEVEL. — Stœchiométrie de la fermentation des protéines dans le rumen et efficacité de la croissance microbienne (en anglais) 277
G.J. FAICHNEY, G.A. WHITE. — Utilisation du soufre inorganique par les microbes du rumen (en anglais) 280
J. WOLSTRUP, K. JENSEN, A. JUST. — Utilisation de l'A.T.P. et du D.N.A. pour estimer la synthèse microbienne dans le rumen (en anglais) 283
R.C. SIDDONS, D.E. BEEVER, J.V. NOLAN, A.B. McALLAN, J.C. MACRAE. — Étude comparée de diverses méthodes d'estimation de l'azote microbien dans les contenus digestifs (en anglais) ... 286
M. IVAN, D.W. JOHNSTON. — Canule intestinale réentrante chez le mouton (en anglais) 288
J.D. OLDHAM, J.D. SUTTON, A.B. McALLAN. — Digestion et utilisation des matières azotées chez la vache laitière (en anglais) 290
E. STORM, E.R. ØRSKOV. — Utilisation des bactéries du rumen par les ruminants (en anglais) 294
J.L. BARRY, E. DEBRAS, C. CHAMPREDON, R. PION. — Mesure quantitative de l'absorption d'ammoniaque chez la chèvre recevant un régime riche en amidon et contenant de l'urée (en anglais) 297
A.M. ANTONIEWICZ, W.W. HEINEMANN, E.M. HANKS. — Facteurs de variation de l'excrétion urinaire d'allantoïne chez le mouton (en anglais) 300
M. JOURNET, R. VERITE. — Equations de prédiction du flux d'azote duodénal chez la vache laitière : influence du niveau d'alimentation et de la proportion d'aliment concentré dans la ration (en anglais) 303
L.W. WHITLOW, L.D. SATTER. — Etude critique des différents systèmes d'estimation du flux d'acides aminés à l'entrée de l'intestin grêle (en anglais) 307
J.C. MATHERS, E.L. MILLER, P.M. LERMAN. — Besoins en acides aminés du veau sevré (en anglais) 310
R.J. MERRY, R.H. SMITH, A.B. McALLAN. — Utilisation du lactosyl-urée par le ruminant (en anglais) 314

P.E. BRUMBY, J.E. STORRY, J.D. SUTTON, J.D. OLDHAM. — Digestion et utilisation des acides gras longs chez la vache laitière (en anglais) 317

F.M.C. GILCHRIST, P.A. HENNING, Y. VAN DER LINDEN, M.E. MATTHEYSE, W.K. NAUHAUS, H. M. SCHWARTZ. — Facteurs responsables de la modification de la digestion d'une ration à base de paille lorsqu'elle est complémentée en céréales (en anglais) 320

C. VAN EENAEME, O. LAMBOT, J.M. BIENFAIT, B. NICKS, C. VAN NEVEL. — Paramètres de la digestion dans le rumen des rations contenant de la paille traitée à la soude (en anglais) 323

B.D. SIEBERT, W.G. ALLDEN. — Evolution du débit duodénal en fonction du poids vif chez le mouton au pâturage (en anglais) 326

L.R.L. THIAGO, R.C. KELLAWAY, J. LEIBHOLZ. — Cinétiques de la digestion des fourrages dans le rumen (en anglais) 329

R.E. HOWARTH, B.P. GOPLEN, J.P. FAY, K.J. CHENG. — Étude de quelques facteurs responsables de la métérisation chez les légumineuses (en anglais) 332

G.M.J. HORTON. — Influence d'une désaminase et du monensin sur les fermentations du rumen (en anglais) 335

C.J. VAN NEVEL, D.I. DEMEYER. — Effet du monensin sur quelques paramètres des fermentations du rumen (en anglais) 338

G.W. REYNOLDS, N. ANDERSON, G. STIFFE, J. HANSKY, D.A. TITCHEN. — Modifications de la teneur en gastrine du sérum et des tissus digestifs chez le mouton atteint d'ostertagiose (en anglais) 341

L. SLESAROVA, M. TELEHA. — Activité de la γ glutamyltransférase extraite de la muqueuse du rumen de la vache (en anglais) 344

S.P. ARORA, K. SINGH. — Influence des tanins du tourteau de salseed sur les fermentations du rumen (titre)

C.W. FORSBERG. — Production du sulfures par certaines bactéries du rumen (en anglais) 347

A. BONHOMME, C. QUINTANA, M. DURAND. — Étude de stockage du zinc chez les ciliés du rumen par microanalyse aux rayons X (en anglais) 350

B.M. EDRISE, R.H. SMITH. — Absorption et sécrétion d'azote dans le feuillet du bovin (en anglais)... 354

W.M. ALLEN, C.F. DRAKE, B.F. SANSOM, R.J. TAYLOR. — Utilisation du verre soluble pour complémenter les rations en oligo-éléments (en anglais) 356

G.D. BRAITHWAITE. — Métabolisme du Ca et du P chez le mouton (en anglais) 359

K.W.J. WAHLE, W.R.H. DUNCAN, G.A. GARTON. — Métabolisme du propionate chez différentes espèces de ruminants (en anglais) 362

T.C. RICHARDSON, M.K. JEACOCK, D.A.L. SHEPHERD. — Métabolisme hépatique de l'alanine et du propionate chez l'agneau (en anglais) 365

B.A. KÖNIG, D.S. PARKER, J.D. OLDHAM. — Métabolisme de l'acétate et du palmitate chez la vache en lactation (en anglais) 368

N. CRISTA, G. GAFTON, I. GARICI, S. SPATARIU. — Effets d'une infusion de lipides dans la caillette sur la glycémie chez l'agneau (en anglais) 371

T. TSUDA, M. FUJITA. K. AMBO. — Métabolisme du glucose chez le mouton exposé au froid (en anglais) 373

A.R. EGAN, J.C. MACRAE. — Catabolisme des acides aminés et néoglucogenèse chez le mouton (en anglais) 376

C. CHAMPREDON, R. PION. — Infusion intraveineuse d'acides aminés chez la chèvre en lactation (en anglais) 379

H. BERGNER, R. GÖRSCH. — Métabolisme de l'isobutylène di-urée marqué chez le mouton (en anglais) 382

P. OSTASZEWSKI, W. BAREJ. — Influence de la vitesse des fermentations dans le rumen sur l'insulinémie et la glucagonémie (en anglais) 385

Y. SASAKI, H. TAKAHASHI, K. HIKOSAKA. — Diminution de la sécrétion d'insuline chez le mouton exposé au froid (en anglais) 388

J.W. BLUM, P. KUNZ, W. SCHNYDER, E.F. THOMSON, P. VITINS, A. BLOM, H. BICKEL. — Modification de l'état hormonal et de certains métabolites circulant en fonction de la vitesse de croissance des bovins (en anglais) 391

D. BAUCHART, B. AUROUSSEAU. — Étude des lipides plasmatiques chez le veau préruminant (en anglais) 393

H. NEUMARK. — Effet de l'histamine sur la teneur en acides gras libres du sang chez le ruminant (en anglais) 396
R.G. VERNON. — Lipogenèse *in vitro* dans le tissu adipeux du mouton (en anglais) 399
Y. CHILLIARD, D. SAUVANT, P. MORAND-FEHR. — Lipoprotéine-lipase du lait, du tissu mammaire et du tissu adipeux chez la chèvre (en anglais) 401
D. SAUVANT, Y. CHILLIARD, P. BAS, P. MORAND-FEHR. — Lipomobilisation et performances laitières chez la chèvre (en anglais) 404
R. BOIVIN, J. BOST, C. PEYRARD, Y. CAMIER, F. ALMORIC. — Ingestion d'urée et cétogenèse chez le mouton (en anglais) 408
G.D. BAIRD. — Effets positifs et négatifs des agents cétogènes chez la vache laitière (en anglais) 410
M. STANGASSINGER, U. BECK, B. EMMANUEL. — Le glucose est-il cétogène dans l'épithélium du rumen ? (en anglais) 413
K. BODA, M. GREKSAK. — Étude des mitochondries hépatiques chez le mouton à jeun (en anglais) 417
A. DOBSON, R. COMLINE, R.D. BARNES, M. SILVER. — Influence du repas sur le débit sanguin au niveau du tube digestif (titre)
Y. HOUSSIN, M.J. DAVICCO. — Influence du poids à la naissance de l'agneausur la digestibilité de l'aliment d'allaitement (en anglais) 419
P. THIVEND, C.F.S. CLARK, E.R. ØRSKOV, R.N.B. KAY. — Digestion d'un amidon partiellement hydrolysé, incorporé dans un aliment d'allaitement distribué à des agneaux pré-ruminants (en anglais) 422
M. DEBARRE, P. THIVEND, J. LEFAIVRE, R. TOULLEC. — Sécrétion biliaire chez le veau préruminant (en anglais) 425
M.J. DAVICCO, J. LEFAIVRE, P. THIVEND, J.P. BARLET. — Sécrétion pancréatique exocrine chez le veau préruminant (en anglais) 428
M. SIMPSON-MORGAN, J. ZORRILLA-RIOS. — Étude de l'absorption des lipides chez le veau au moyen de la technique de shunt lymphatico-veineux (en anglais) 431
Z. NITSAN, A. BEN-ASHER, I. NIR. — Utilisation d'un aliment concentré présenté sous forme liquide, par le veau en cours de sevrage (en anglais) 434
E. COMBE, D. ATTAIX, M. ARNAL. — Renouvellement des protéines du tube digestif chez l'agneau au cours de sa croissance (en anglais) 436
A. PETKOV, E.I. ENEV. — Paramètres de la digestion dans le rumen chez l'agneau recevant des aliments concentrés (en anglais) 440
R.H. WESTON. — Digestion chez la brebis pendant la gestation et la lactation (en anglais) 442
A.M. VAN VUUREN, G. HEMKE, S. TAMMINGA. — Adaptation de la digestion dans le rumen à l'accroissement de l'ingestion d'aliment concentré (en anglais) 445
J. VARADY, K. BODA, K.T. TASENOV, J. FEJES. — Secrétion d'azote dans le tube digestif du mouton (en anglais) 448
E. TELLER, J.M. GODEAU, R. DE BAERE. — Influence d'un apport d'urée sur la digestion des protéines alimentaires dans le rumen (en anglais) 451
H. LEONTOWICZ, W. BAREJ, G. KULASEK, M. CHOMYSZYN. — Évolution de la butyrogenèse chez les bovins et les ovins recevant des betteraves (en anglais) 454
I. ZELENAK, K. BODA, J. BUCKO, D. JALC, T. WALKO, I. BESEDA. — Utilisation des résidus de papeterie (mélasses de bois) par le ruminant (en anglais) 457
L.A. SOFJAN, D. SASTRADIPRADJA, T. SUTARDI, C. HENDRATNO. — Influence de la cuisson du manioc sur l'utilisation de l'urée chez le water-buffalo (en anglais) 460
R.H. DUNLOP, L. BUENO. — Relation entre la neurotoxicité de la mélasse et la formation d'acides gras volatils supérieurs dans le rumen du mouton (en anglais) 462
G. BREVES, H. HOELLER, J. HARMEYER, H. MARTENS. — Formation et absorption de thiamine dans le tube digestif du mouton (en anglais) 465
E.E. EDWIN, R. JACKMAN, J. SHREEVE, L.M. MARKSON, G. LEWIS. — Nécrose corticocérébrales et activité thiaminasique dans le tube digestif du mouton (titre)
E. SCHARRER, B. AMANN. — Transport actif de l'uracil dans l'intestin du mouton (en anglais) 467
T. MANDA. — Utilisation du hamster pour la détermination de la valeur alimentaire des fourrages (en anglais) 470

K. RÜBSAMEN, W.V. ENGELHARDT. — Particularités morphologiques et fonctionnelles des réservoirs gastriques du lama (en anglais) 473

J. ESQUERRE, L. SAMANIEGO. — Étude du développement des réservoirs gastriques de l'alpaca (titre)

P. LANGER. — Anatomie et fonctionnement de l'estomac des Marsupiaux macropodes (en anglais) .. 476

R. BOBOWIEC, T. STUDZINSKI. — Sécrétion des acides biliaires chez le mouton (titre)

B. EMMANUEL. — Métabolisme comparé de différentes espèces de ruminants (en anglais) 480

H. TAMATE, T. SAKATA. — Structure de l'interface de *l'épithélium-propria* des réservoirs gastriques du ruminant (en anglais) 482

T. SAKATA, W.O. ENGELHARDT. — Étude histochimique de la sécrétion de mucus dans le gros intestin (en anglais) 485

M. VAN HOVEN, R.A. PRINS. — Digestion microbienne chez l'éléphant (titre)

V. LENARTOVA, K. HOLOVSKA, T. HAVASSY, K. BODA. — Étude de la glutamate-déshydrogénase du tube digestif du mouton (en anglais) 488

C. DARDILLAT, L. BUENO. — Analyse de la propagation des salves de potentiel chez le veau (en anglais) (démonstration) 491

L. BUENO, A. LATOUR, C. DARDILLAT. — Analyse de l'activité motrice gastrointestinale par traitement analogique et transcription numérique des phénomènes électriques recueillis (en anglais) (démonstration) 494

M. LEVEILLE, C. PONCET, C. DARDILLAT. — Caractéristiques d'un débitmètre électromagnétique spécialement conçu pour mesurer le débit duodénal chez le mouton (en anglais) (démonstration) . 497

J. LEFAIVRE, C. DARDILLAT, M. DEBARRE, P. THIVEND. — Canule ré-entrante et prélèvement automatique pour l'étude de la sécrétion biliaire chez le veau préruminant (en anglais) (démonstration) 500

TABLE DES MATIERES DE L'OUVRAGE

1. Historique de la physiologie de la digestion
Y. RUCKEBUSCH..... 1

SECTION I — MOTRICITE GASTRO-INTESTINALE

2. Brassage et propulsion des contenus digestifs dans les réservoirs gastriques du ruminant.
R.S. WYBURN..... 35

3. Les rythmes de la motricité gastro-intestinale
L. BUENO et J. FIORAMONTI..... 53

4. Contrôle de la sécrétion et de la vidange gastrique
F.R. BELL..... 81

SECTION II — PHYSIOLOGIE DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE ET NUTRITION

5. Comportement alimentaire et mérycique des ruminants
J.P. DULPHY, B. REMOND et M. THERIEZ..... 103

6. Comment le jeune ruminant apprend-il à ingérer les aliments ?
L.R. MATTHEWS et R. KILGOUR..... 123

7. Rôle des hormones et des nutriments dans le contrôle de l'appétit.
J.M. FORBES..... 145

8. Régulation nerveuse et hormonale de l'ingestion de l'eau et des minéraux chez les chèvres et les moutons.
K. OLSSON et M.J. Mc KINLEY..... 161

SECTION III — L'ECOSYSTEME MICROBIEN DU RUMEN

9. Ecologie microbienne du rumen.
R.A. PRINS et R.T.J. CLARKE..... 179

10. Les facteurs de variation de la synthèse microbienne dans le rumen.
D.G. HARRISON et A.B. Mc ALLAN..... 205

11. L'attachement des bactéries dans le rumen : rôle dans la digestion des particules végétales, de l'urée et des cellules épithéliales.
K.J. CHENG et J.W. COSTERTON..... 227

12. La modélisation dans l'analyse de la digestion chez le ruminant : philosophie, méthodologie et application.
R.L. BALDWIN et L.J. KOONG..... 251

SECTION IV — DIGESTION DANS LE RUMEN

13. Aspects quantitatifs de la digestion dans le rumen des rations riches en aliment concentré.
J.D. SUTTON..... 271

14. Influence du mode de conservation et des traitements technologiques sur la digestion des fourrages.
D.J. THOMSON et D.E. BEEVER..... 291

15. Quels sont les facteurs digestifs qui limitent la satisfaction des besoins en énergie et en acides aminés chez le ruminant en production intensive
E.R. ØRSKOV..... 309

16. Contrôle chimique des fermentations microbiennes dans le rumen.
W. CHALUPA..... 325

17. Les effets physiopathologiques des parasites gastro-intestinaux et hépatiques chez le mouton.
J.D. DARGIE..... 349

SECTION V — METABOLISME MINERAL

18. Influence des minéraux dans la digestion microbienne du rumen.
M. DURAND et R. KAWASHIMA..... 375

19. Absorption des oligo-éléments chez le ruminant.
I. BREMNER et N.T. DAVIES..... 409

20. Métabolisme du calcium et du phosphore ; relation avec l'étiologie et la prévention de la fièvre vitulaire.
A.D. CARE, J.P. BARLET et MM. ABDEL-HAFEEZ..... 429

21. Métabolisme du magnésium et hypomagnésémie.
H. MARTENS et Y. RAYSSIGUIER..... 447

SECTION VI — METABOLISME INTERMEDIAIRE

22. Importance de la dépense d'énergie liée à la digestion et au métabolisme dans le tube digestif.
M.J.F. WEBSTER..... 469

23. Métabolisme du propionate et vitamine B 12.
J.M. ELLIOT..... 485

24. Régulation hormonale du métabolisme des acides aminés pendant la croissance.
A.H. TRENKLE..... 505

25. Métabolisme de l'acide lactique
D. GIESECKE et M. STANGASSINGER..... 523

26. Métabolisme du tissu adipeux
R.S. EMERY..... 541

SECTION VII — ADAPTATION DIGESTIVE

27. Adaptation digestive chez le préruminant
P. THIVEND, R. TOULLEC, P. GUILLOTEAU..... 561

28. Adaptation au changement dans la composition, la quantité ingérée et le mode de distribution des aliments.
W. KAUFMANN, H. HAGEMEISTER et G. DIRKSEN..... 587

29. Adaptation à des régimes riches en azote non protéique
J.A. NIKOLIC, A. PAVLICEVIC, D. ZEREMSKI et D. NEGOVANOVIC..... 603

30. Utilisation des aliments tropicaux par les ruminants
T.R. PRESTON et R.A. LENG..... 621

31. Utilisation des déjections animales dans l'alimentation des ruminants
J.P. FONTENOT et V. JURUBESCU..... 641

SECTION VIII — PHYSIOLOGIE DIGESTIVE COMPAREE

32. Evolution de la digestion microbienne chez les mammifères
J.D. HUME et A.C.I. WARNER..... 665

33. Comparaison de la digestion microbienne dans le rumen et dans le gros intestin.
C.E. STEVENS, R.A. ARGENZIO et E.T. CLEMENS..... 685

34. La coprophagie et les autres mécanismes permettant la réutilisation des digesta.
H. HORNICKE et G. BJORNHAG..... 707

35. Le rôle du tube digestif du ruminant dans le stockage de l'eau
A. SHKOLNIK, E. MALTZ et I. CHOSHNIAK..... 731

36. La physiologie digestive des ruminants sauvages
R.N.B. KAY, W.V. ENGELHARDT et R.G. WHITE..... 743

37. Place des herbivores dans les écosystèmes agricoles
R. JARRIGE..... 763

TABLES RONDES

L'avenir de la production intensive du ruminant
C.C. BALCH..... 825

Utilisation de la chirurgie expérimentale dans les études de physiologie digestive
F.A. HARRISON..... 829

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A., 1981 (44) 65-67.

Motricité gastro-intestinale chez les ruminants

Y. RUCKEBUSCH

Chaire de Physiologie et de Pharmacodynamie
Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
26, Chemin des Capelles, 31076 Toulouse Cédex

L'aspect MECANIQUE de la digestion est essentiel chez les ruminants si l'on veut bien admettre que l'indigestion se définit comme un syndrome caractérisé par l'arrêt du fonctionnement de l'un puis rapidement de tous les compartiments gastriques. En outre, l'animal hôte est tributaire des fermentations du réticulo-rumen, lesquelles sont optimales si le milieu est continuellement brassé par les contractions des différentes parties du réservoir gastrique, si le milieu est ''tamponné'' par les bicarbonates salivaires, si les gaz sont éliminés par éructation au fur et à mesure de leur production, enfin si le contenu est renouvelé par l'apport de nourriture au fur et à mesure qu'une partie est évacuée à travers un orifice sphinctérien : l'orifice réticulo-omasal. Cela implique l'évacuation pylorique et au niveau intestinal, la propulsion du chyme liquide le long d'une vingtaine de mètres. Ces différents aspects ont été abordés dans les rapports désignés par la lettre (R) et les communications affichées (CA) dont nous indiquerons les numéros de page correspondants.

I - Le brassage du contenu digestif dans le rumen et dans le réseau

Pour comprendre ce qu'apporte la radiocinématographie et les travaux de WYBURN (R - 43), il faut avoir présent à l'esprit deux images : celle d'un enfant faisant passer sans cesse une balle d'une main dans l'autre et celle de la trajectoire ellipsoïde subie par un solide placé dans un liquide en ébullition qui descend le long des parois du récipient et remonte par le centre. La balle, c'est le va-et-vient du contenu liquide entre le réseau et le sac antérieur du rumen (atrium). Le trajet ellipsoïde est celui effectué dans le sac dorsal et dans le sac ventral du rumen que symbolisent les flèches dans la figure retenue pour orner la jaquette de l'ouvrage (fig. 1). Autre apport de la cinéradiographie, le ''lessivage'' à chaque contraction du réseau, de la partie distale du feuillet par le contenu de la caillette : un exemple de l'interaction des contractions réseau — feuillet — caillette. Enfin, le degré d'activité péristaltique et antipéristaltique du réticulo-rumen est directement lié à celui de la distension du rumen : une autorégulation qui explique d'une part l'augmentation de la motricité (hypercinésie) post-prandiale et d'autre part l'hypomotricité (parésie) qui accompagne le jeûne.

D'autres informations obtenues à l'aide de jauges de contrainte et/ou par électromyographie ont confirmé l'ouverture de la gouttière oesophagienne et de l'orifice réticulo-omasal au moment de la contraction du réseau, très exactement au moment de la deuxième phase de la contraction réticulaire (CA - 174). Le fait que la contraction de la face postérieure du réseau précède celle de la face antérieure (CA -172) laisse présager une origine ou plutôt un point de départ de la contraction du réseau à proximité de l'orifice réticulo-omasal. Enfin, il est à signaler l'importance moins

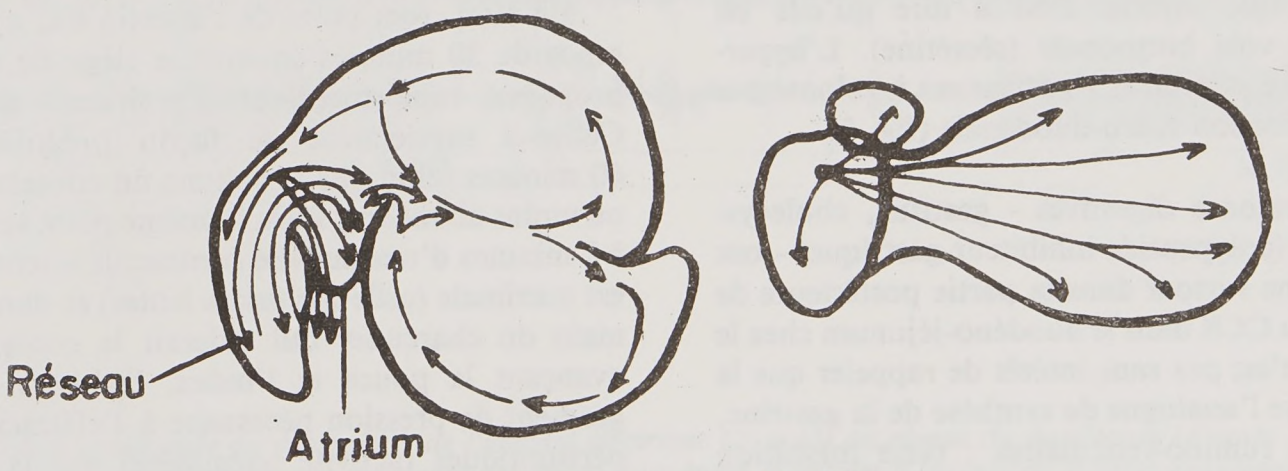


FIG. 1 : *Brassage du contenu rumino-réticulaire*
Les flèches symbolisent les mouvements successifs de particules radio-opaques de densité identique à celle des ingesta.

(WYBURN, 1980 p. 43)

dynamogène que freinatrice des afférences vagales puisque la suppression de la moitié d'entre elles ne ralentit pas mais accélère les contractions du rumen (CA - 187).

II - Le renouvellement du contenu digestif du rumen et du réseau

Ce problème-clé n'a pas manqué d'être évoqué. En effet, le rumen ne peut se remplir que dans la mesure où son contenu suffisamment divisé peut être évacué vers l'aval c'est-à-dire le feuillet et la caillette. D'abord, il apparaît que l'évacuation des gaz n'implique pas la participation active de l'oesophage (CA - 169). Ensuite, que pour un contenu trop compact (ensilage d'herbe) la rumination peut céder le pas à une pseudo-rumination moins efficace avec un transit réticulo-omasal réduit. Enfin, aussi bien pour le fractionnement dans le temps des repas que pour le transit alimentaire, les modèles mathématiques sont extrapolables du Mouton à la Vache (CA - 219) et les facteurs de nature chimique sont en cause à parité avec les facteurs d'origine mécanique (CA - 217). En particulier, le rôle régulateur des acides gras volatils semble moins décisif à la suite d'un repas (CA - 226) que les mouvements de l'ion sodium (CA - 229). La grande nouveauté reste donc peut-être qu'un aliment intrinsèquement bon peut se révéler paradoxalement médiocre parce qu'il a acquis des propriétés physiques nouvelles au cours de sa conservation : c'est le cas de l'herbe ensilée et dont la longueur des brins interdit ensuite la remontée dans la cavité buccale pour être divisée par la mastication mérycique et le passage vers l'aval à travers l'orifice réticulo-omasal (CA - 209).

III - L'évacuation gastro-duodénale

La caillette, très développée chez le jeune, participe activement à l'évacuation de son contenu sans que l'on connaisse le rôle et la nature des facteurs de contrôle. Les chémorécepteurs et les osmorécepteurs duodénaux sont étalés tout le long dy duodéno-jéjunum chez le veau et non pas regroupés dans le segment duodenal proximal. Ils répondent à une stimulation acide de l'intestin par une inhibition motrice de l'abomasum et à la stimulation alcaline par une action excito-motrice (R - 93). Les expériences de vagotomie et de stimulation hormonale montrent que l'alcalinisation duodénale est excito-motrice par le biais de l'innervation vagale et que son acidification joue un rôle inverse c'est à dire qu'elle est inhibitrice surtout par voie hormonale (sécrétine). L'hypermotilité et l'hypomotilité gastriques s'obtiennent à volonté par alcalinisation ou acidification antro-duodénale (fig. 2).

Les principales hormones digestives - gastrine, cholecystokinine (CCK) et GIP (polypeptide inhibiteur gastrique) - ont été localisées ; la gastrine surtout dans la partie postérieure de la caillette (antrum) et la CCK dans le duodéno-jéjunum chez le mouton (CA - 198). Il n'est pas sans intérêt de rappeler que la pentagastrine c'est à dire l'analogue de synthèse de la gastrine, inhibe les contractions rumino-réticulaires : cette inhibition pourrait résulter de l'élèvation du taux de gastrine dans le sang observée au cours du parasitisme, plus précisément dans le cas de l'ostertagiose ; du reste, la gastrine n'agit pas qu'au niveau du sac ventral (fundus) pour augmenter la sécrétion acide, elle possède une action centrale comme le montre les effets inhibiteurs de sa perfusion dans l'artère carotide primitive (CA -201).

Un aspect essentiel du fonctionnement de la partie postérieure de la caillette est chez l'adulte le caractère cyclique de son activité motrice (et peut être sécrétoire). Ce phénomène est illustré chez le mouton à partir des mécanogrammes ou des électromyogrammes intégrés (BUENO et FIORAMONTI, R - 59). L'origine de cette activité cyclique de l'antrum est duodénale ; tout se passe comme si l'activité antrale qui est quasi-continue chez les ruminants et d'intensité proportionnelle au volume du contenu à évacuer était périodiquement interrompue. C'est l'occurrence toutes les 70 à 90 minutes d'une activité soutenue et prolongée au niveau du bulbe duodénal qui est à l'origine de ce phénomène observé chez toutes les espèces animales étudiées jusqu'à présent (chien, porc) ainsi que chez l'homme. Il est remarquable chez les ruminants où le débit pylorique est très élevé (mouton : CA - 497, CA - 163 et 160).

IV - Le transit intestinal

Comment fonctionne le tube digestif dont on connait depuis longtemps l'activité péristaltique et les contractions segmentaires pour transporter un abondant contenu liquide sur une distance de 20 à 30 mètres ? Il faut expliquer comment le rétrécissement du diamètre de la lumière intestinale, même s'il se propage rapidement sur 1 ou 2 mètres, peut déplacer un contenu liquide : le chyme, auquel s'ajoutent en moyenne 150 ml/h de bile (mesures effectuées sur des périodes de plus d'un mois chez le veau-CA 425 et 500). Un témoin fiable de la contraction est l'activité électrique de la paroi que l'on peut recueillir, en raison de la faible dimension des électrodes (fils de 150 microns de diamètre) à des points distants de seulement 1 ou 2 cm (CA - 179). L'électromyogramme se prête bien à l'analyse quantitative après avoir séparé ce qui commande la fréquence des contractions (les ondes lentes) et ce qui est reponsable de la contraction circonférentielle de la paroi (les salves de potentiels de pointe). Une telle analyse faite à l'aide de microprocesseurs (CA - 194) met en relief l'organisation dans le temps des contractions le long de l'intestin. En d'autres termes, on visualise ainsi le profil moteur de l'intestin dont la connaissance est la clé nécessaire à la compréhension de son activité propulsive.

En effet, tout point de l'intestin est, après une période de repos de 30 minutes environ, le siège de contractions qui se propagent rapidement vers l'aval sur 1 mètre au maximum. Celles-ci surviennent de façon irrégulière pendant 40 à 60 minutes selon que le volume du contenu intestinal est plus ou moins abondant. Puis, ce même point sera le siège pendant 5 à 7 minutes d'une activité contractile intense dont la fréquence est maximale (celle des ondes lentes) et donc régulière. Telle la main du charcutier qui viderait le contenu de l'intestin en avançant le pouce et l'index, l'activité régulière assure le gradient de pression nécessaire à l'efficacité des contractions péristaltiques (activité irrégulière) qui la précèdent dans le temps. La débitmétrie directe montre effectivement que le déplacement liquide est maximal pour les contractions survenant juste avant cette phase d'activité régulière ; le déplacement de liquide est nul au moment où se développe

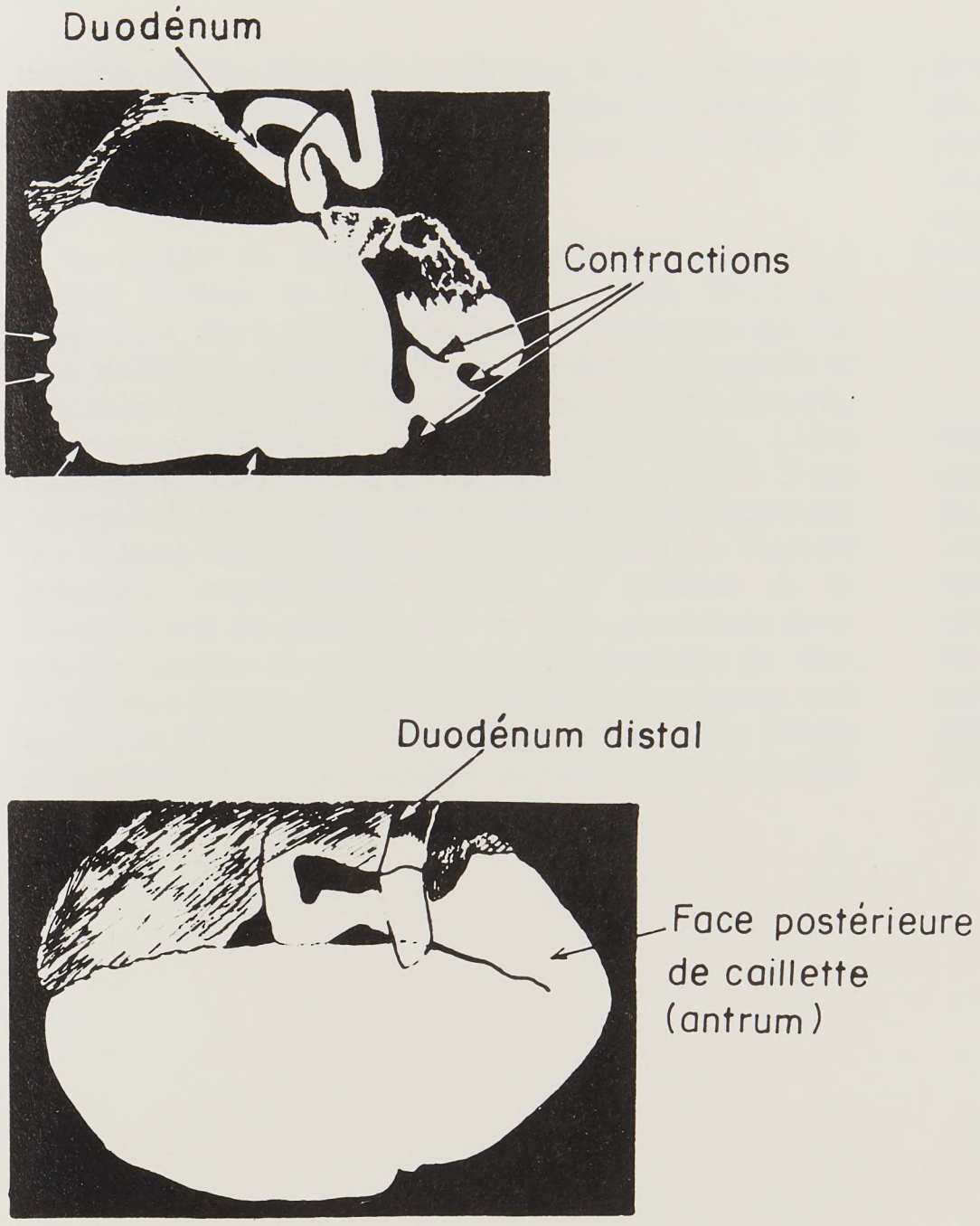


FIG. 2 : *Radiographie de la caillette chez le veau*

En haut, hypermotricité gastrique consécutive à l'alcanisation duodénale. On distingue très nettement (flèches) les contractions au niveau de la face postérieure de la caillette et sur le pourtour de l'organe ; le duodénum est rempli de contenu digestif. En bas, paralysie gastrique et évacuation réduite en raison d'une hyperacidité antro-duodénale. Aucune contraction de la caillette n'est visible ; Noter l'état de vacuité du duodénum distal.

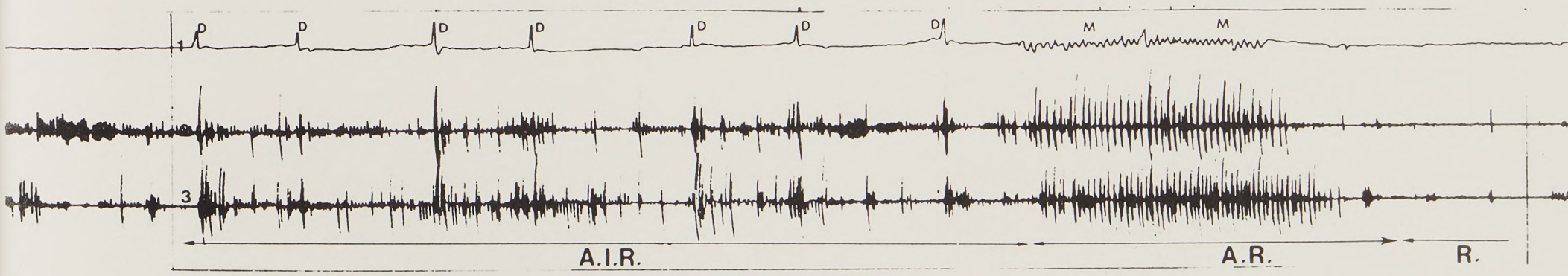


FIG. 3 : *Evolution simultanée du débit* (*1*) *et de l'activité électrique* (*2*) *et* (*3*) *au niveau du duodénum* (d'après PONCET)
Une sonde électromagnétique a été placée autour du duodénum et permet d'enregistrer le débit instantané (D) représenté par des pics réguliers successifs. On note que les débits se manifestent pendant la phase d'activité irrégulière (A.I.R.) mais qu'ils disparaissent pendant la phase d'activité régulière (A.R.) au cours de laquelle on n'enregistre que les mouvements du contenu (M). Il n'y a pas de débit également pendant la phase de repos (R).

l'activité régulière (figure 3). Après quoi, le point envisagé de l'intestin est au repos mécanique et sa lumière est virtuelle. Un tracé de débit intermittent orne également la jaquette de l'ouvrage.

Le rapport de BUENO et FIORAMONTI consacré à l'aspect cyclique de la motricité intestinale insiste sur l'apparition, dès le stade foetal, de cette activité ainsi que sur tous les facteurs susceptibles d'en modifier l'organisation et l'intensité : acidose, surcharge alimentaire, occlusion digestive, désordres métaboliques et maladies parasitaires. L'état diarrhéîque, quelle qu'en soit l'origine, est précédé d'une désorganisation du profil moteur ; celle-ci est caractérisée par une activité motrice continue qui est proche de l'activité irrégulière. L'amélioration clinique est précédée de la réorganisation du profil moteur de sorte que l'électromyographie constitue un excellent indice d'appréciation de l'état fonctionnel du tube digestif. L'intérêt de cette technique ainsi que celles de dérivation du contenu omasal dans l'étude physiopathologique des troubles digestifs a été également développé dans un séminaire consacré à la chirurgie digestive (R - 829). Enfin, l'influence de la présence de canules sur le transit digestif n'est pas négligeable (CA - 157), lorsque l'on contrôle par radiocinématographie le mouvement des digesta, ce qui aboutit indirectement à insister sur l'importance d'une méthodologie sûre dans l'étude de la motricité gastro-intestinale.

En résumé, on peut dire que l'introduction des techniques radiocinématographiques en mérycologie, celle des analyses quantitatives de l'activité électrique et/ou mécanique ainsi que les tentatives de modélisation ont fait progresser de façon considérable l'analyse du ''pourquoi'' et du ''comment'' des phénomènes mécaniques à la base de l'activité du fermenteur que constitue le rumen. Un aspect non évoqué à Clermont-Ferrand - il le sera sans doute lors du prochain symposium qui aura lieu au CANADA en 1984 - est l'intérêt dans l'exploration fonctionnelle du réticulo-rumen de l'échographie : une technique désormais sûre dans le domaine de la cardiologie.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A., 1981 (44) 69-72.

Physiologie du comportement alimentaire et nutrition

J.P. DULPHY

Laboratoire des Aliments

La productivité des ruminants est largement conditionnée d'une part par l'efficacité de la transformation de leurs aliments en nutriments assimilables par l'organisme et d'autre part par les quantités de ces aliments qu'ils peuvent volontairement ingérer. C'est pourquoi les études sur l'ingestion des aliments, sa régulation et le comportement alimentaire des animaux ont été de plus en plus largement développées au cours de ces trente dernières années. Ces études se sont faites à deux niveaux et elles ont consisté :

- d'une part en des mesures simples mais systématiques de la quantité ingérée au cours d'essais dans lesquels était enregistrée la production des animaux. Les résultats sont maintenant très nombreux et la majeure partie de ceux obtenus par l'équipe du Département Elevage des Ruminants de l'INRA a servi à mettre au point un système de prévision, basé sur les unités d'encombrement (JARRIGE, 1979).

- d'autre part en des mesures physiologiques plus ou moins fines pour expliquer les variations de quantités ingérées et leur régulation. Ce sont les résultats récents de ces travaux qui ont surtout été présentés au cours de la 2ème session du Symposium.

Les rapports généraux (R) de cette session ont été consacrés à quatre sujets :

- le comportement alimentaire et mérycique (DULPHY, REMOND, THERIEZ)
- l'apprentissage du comportement alimentaire (MATTHEWS et KILGOUR)
- la régulation des quantités de matière sèche (MS) ingérées (FORBES + de nombreux auteurs lors des communications affichées)
- la régulation des quantités d'eau et de sel ingérées (OLSSON et Mc KINLEY)

Comportement alimentaire et merycique

Le rapport concernant le premier thème avait pour but de faire le point des connaissances relatives aux activités de mastication des ruminants. Les auteurs se sont placés sur un plan descriptif et ont passé en revue l'ensemble des facteurs conditionnant le comportement alimentaire des animaux au pâturage et à l'auge.

Le comportement au pâturage dépend des besoins de l'animal et du milieu où il se trouve (qualité et abondance de l'herbe, conditions climatiques, saison etc...). Une synthèse récente et importante a été faite en 1978 par ARNOLD et DUDZINSKI. Les travaux français conduits par THERIEZ et son équipe ont en plus été mentionnés. Ils ont été relatifs à l'influence de l'état de l'animal (gestation, allaitement de 1 ou 2 agneaux) sur la durée de pâturage. En outre des études détaillées ont été relatées sur le déroulement de l'ingestion au cours de la journée en fonction de la saison sur des parcours dans le Sud de la France.

Le comportement à l'auge a été analysé plus largement car il n'existe pratiquement aucune synthèse publiée sur ce sujet. Deux grands facteurs de variation ont été considérés : l'aliment et l'animal.

Les travaux les plus complets sur l'influence de l'aliment ont été conduits par DEMARQUILLY et DULPHY sur des moutons à l'INRA de Theix. Ils ont porté sur environ 500 échantillons de fourrages verts, foins et ensilages. En prenant le cas précis des graminées récoltées en vert au 1er cycle nous avons pu définir les lois principales concernant

l'influence de la teneur en paroi : lorsque cette teneur augmente, avec l'âge des fourrages lors des cycles reproducteurs, la durée journalière d'ingestion et la vitesse d'ingestion (en g de MS par heure) diminuent légèrement, tandis que la durée de rumination augmente sensiblement, mais chaque kg de MS doit être mastiqué plus longuement. Au total, la durée journalière de mastication (ingestion + rumination) varie peu et la baisse des quantités ingérées est bien reliée à celle de l'efficacité de la mastication (g de MS ingérée/durée de mastication). Ceci est vrai pour toutes les catégories d'aliments, sauf cas particuliers, par exemple pour les ensilages à brins longs, ceux mal conservés ou les fourrages broyés. Cette observation est à rapprocher de tout ce qui est connu sur la régulation physique de l'ingestion (influence de la vitesse de digestion et de la vitesse de transfert des particules du rumen vers le feuillet).

Le rôle améliorateur de l'azote sur l'efficacité de la mastication a été souligné, ainsi que celui négatif de l'amidon. L'action de ces deux facteurs passe évidemment par une modification de la vitesse de digestion. Lorsque cette vitesse de digestion augmente (grâce à l'apport d'azote) l'animal a besoin de moins de temps pour mastiquer une quantité donnée d'aliment. A l'inverse, en présence d'amidon, la vitesse de digestion des fourrages diminue ; il en est de même de l'efficacité de la mastication.

Les études sur l'influence du type d'animal sur le comportement alimentaire sont beaucoup moins nombreuses et plus disparates. La plupart cependant ont été conduites par diverses équipes de l'INRA de Theix sur les vaches laitières et les brebis (influence du stade physiologique, du poids vif et du niveau de production laitière). Le travail le plus original a été effectué par B. CARLE qui a comparé, en 1978-1979, différentes espèces (moutons, brebis, chèvres, vaches laitières et taurillons) recevant les mêmes rations. Quelques résultats sont donnés dans le rapport pour de l'ensilage de maïs et un bon foin. Les résultats correspondants pour un mauvais foin et un ensilage d'herbe sont donnés dans le tableau 1.

Apprentissage du comportement alimentaire

Le comportement alimentaire des ruminants au sens large (recherche, choix et ingestion) est, pour une large part, le résultat d'un apprentissage qui débute dès le jeune âge. Son absence ou non peut expliquer des réactions de refus de certains animaux vis à vis d'aliments nouveaux, tel que par exemple vis à vis de l'ensilage d'herbe distribué pour la première fois à 3 ans à des vaches primipares. L'article de MATTHEWS et KILGOUR a fait le point sur les problèmes liés à l'apprentissage. Les jeunes sont concernés en premier lieu puisqu'ils doivent tout d'abord apprendre à trouver la mamelle et à têter. Puis ils doivent être reconnus par leur mère pour accéder à la mamelle et pour cela ils doivent adopter une séquence de comportement particulière. Les résultats français sur le comportement du jeune sont nombreux (POINDRON, LE NEINDRE) et, dans une communication affichée, LE NEINDRE analyse l'aptitude des veaux à boire au seau et leur niveau d'activité immédiatement après la naissance. Les veaux frisons sont plus actifs que les veaux Salers, ce qui explique probablement leur adaptation à l'élevage artificiel. Beaucoup de connaissances restent cependant à acquérir dans ce domaine qui permettront de mieux maîtriser, entre autres, les problèmes d'adoption et d'allaitement artificiel.

Des travaux sur les stimuli permettant la fermeture de la gouttière oesophagienne ont été signalés. Beaucoup d'études dans ce domaine ont déjà été réalisées. Elles ont pour objectif d'éviter le passage des aliments dans le rumen pour empêcher que certains constituants, les protéines de haute valeur nutritive en particulier, ne soient dégradées par la population microbienne.

Un autre thème développé concerne l'apprentissage du pâturage et de l'ingestion d'aliments solides. La nécessité de cet apprentissage explique qu'il est recommandé de faire pâturer

TABLEAU 1

Effet de l'espèce et du type de ruminant sur le comportement alimentaire et merycique à l'auge

Animal	Moutons	Brebis	Chèvres	Taurillons	Vaches laitières	Moutons	Brebis	Chèvres	Taurillons	Vaches laitières
Poids vif (kg)	60	52	48	371	546	76	55	48	316	560
Aliment (à volonté)	Foin récolté tardivement + 6 % de tourteau d'arachide					Ensilage d'herbe récolté précocément				
Quantitésde MS ingérées ($g/kg\ P^{0.75}$)	57	51	51	69	87	66	66	57	84	119
Durée d'ingestion (mn/jour)	273	347	264	-	446	190	272	277	-	360
Durée de rumination (mn/jour)	548	525	417	-	527	470	439	395	-	580
Nombre de repas par jour	5,9	8,5	5,0	-	7,1	8,7	10,1	10,3	-	10,4

les animaux dès leur jeune âge et de leur distribuer, bien avant le sevrage, les aliments solides qu'ils recevront après. En effet pour espérer obtenir une ingestion maximale d'un aliment donné, il est important qu'il soit présenté tôt à l'animal afin que celui-ci se familiarise à son odeur, son goût et sa structure. Une meilleure connaissance de tous ces problèmes permettra surement de mieux assurer certaines périodes de transition de nourriture et d'éviter des adaptations difficiles et coûteuses.

La façon dont les animaux recherchent et localisent leur nourriture au pâturage, dans des conditions extensives, fait actuellement l'objet de nombreux travaux qui devraient premettre d'améliorer les modes d'exploitation de ces zones extensives, pour une meilleure connaissance du comportement animal. Ensuite les réactions des animaux et les facteurs impliqués dans la sélection des aliments sont importants à considérer. Le rôle des sens est primordial (vue, odeur, goût, toucher...) à un moment donné, mais les réactions des animaux tiennent compte aussi des expériences du passé. Ainsi les animaux préfèrent ce qu'ils ont ingéré étant jeunes et ceux qui ont été confrontés à différents aliments sont plus avantagés que ceux qui ne l'ont pas été.

Ainsi les animaux refusent de nombreux aliments, par exemple l'herbe souillée par leurs excréments. On peut utiliser alors des aversions de ce type pour apprendre aux animaux à ne pas manger des arbres ou des arbustes que l'on veut préserver. Les causes exactes expliquant pourquoi les animaux refusent ou consomment les plantes toxiques sont mal connues. Il existe parfois des réaction innées, mais le rôle d'une expérience acquise est important.

Enfin il a été fait allusion, pour les minéraux essentiels, à une vieille polémique au sujet d'appétits spécifiques qui, hormis pour le chlorure de sodium, n'existeraient pas. En effet le bien-être consécutif à l'ingestion de minéraux serait trop tardif pour que l'animal l'associe à cette ingestion. Il s'en suit une incapacité pour celui-ci à apprendre à consommer spécifiquement les minéraux dont il a besoin par suite de carence.

De nombreux travaux sont donc en cours pour mieux comprendre les réactions des animaux face à leur nourriture dans une situation de choix. Ils devraient déboucher sur une meilleure utilisation des zones extensives. Cependant il sera aussi important de les rapprocher de ceux réalisés sur animaux sauvages, quelquefois bien mieux adaptés aux conditions naturelles locales, par exemple en zone équatoriale ou tropicale.

Régulation des quantités de matière sèche ingérées

Que ce soit au pâturage ou à l'auge, la quantité de matière sèche ingérée par les ruminants est régulée pour faire face à leurs besoins selon des mécanismes très complexes et imparfaitement connus. C'est, apparemment, l'étude de ces mécanismes qui intéresse actuellement le plus les scientifiques, puisque, en plus du rapport général de FORBES sur le contrôle de l'appétit par les hormones et les métabolites, une dizaine de communications affichées (sur un total de treize) ont été consacrées à ce thème.

Nous distinguerons, comme cela est classique, deux grands types de régulation de la quantité ingérée chez le ruminant :

- la régulation physique, pour les aliments grossiers surtout,
- la régulation physiologique, pour les aliments les plus digestibles.

De plus ces régulations peuvent intervenir soit à court terme (lors du repas ou au cours de la journée), soit à long terme.

Les études sur la régulation physique de l'appétit sont très anciennes et leurs résultats sont bien admis. Elles ont concerné avant tout l'aliment (vitesse de digestion, vitesse de transit, etc...). Or certains auteurs ont mis en évidence, assez récemment, le rôle important que pouvait jouer l'animal par la mastication ou par le fonctionnement ''mécanique'' de son rumen.

Quatre communications affichées ont été consacrées à ce thème. Elles analysent dans des situations particulières l'importance de la mastication (REID), l'influence du type d'animal sur la vitesse de fermentation dans le rumen et de transfert des particules vers le feuillet (MEISSNER) ou l'effet du volume du rumen (GROVUM). Ainsi chez le mouton, la mastication conduit à des particules plus fines que chez le bovin. Il en résulte une vitesse de fermentation plus grande et aussi une vitesse de transit plus élevée à travers le rumen, malgré un orifice réticulo-omasal plus petit. Il peut exister aussi d'importantes perturbations du fonctionnement du rumen entraînées par certains aliments. C'est le cas pour les ensilages à brins longs qui retardent le démarrage de la rumination et réduisent son efficacité (DESWYSEN). L'effet de la taille de l'animal est important puisque à ce sujet DULPHY et B. DOREAU ont montré que les bovins étaients moins perturbés par ces ensilages que les ovins.

Les études sur le fonctionnement physique du rumen devraient se développer dans les années à venir car on dispose maintenant de moyens d'investigation importants (électromyographie, radiographie, cinéma, etc...) utilisés pour certains en médecine humaine. Ceux-ci sont d'ailleurs déjà utilisés par ERLHEIN en Allemagne de l'Ouest.

L'étude de la régulation physiologique de l'appétit chez le ruminant est plus récente que celle de la régulation physique, surtout pour la régulation à court terme. Dans son rapport FORBES souligne l'existence de 4 signaux importants déclenchant la fin du repas à partir d'une certaine concentration ou d'un certain seuil : l'acide acétique dans le rumen, l'acide lactique dans le duodénum, l'acide propionique au niveau du foie et la distension du rumen. L'effet de ces signaux peut être augmenté ou atténué par l'état d'engraissement de l'animal, par son état de nutrition azotée, ou par certaines hormones. Cependant FORBES conclut que l'effet des hormones et des métabolites est encore très mal connu.

Ces composés peuvent avoir une action directe (arrêt du repas) ou indirecte sur la rumination ou la motricité du rumen (FOCANT ; C.A.). Leur étude est difficile car on peut, en se plaçant dans des conditions non physiologiques ou inhabituelles, montrer que de nombreux composés entraînent une réduction de l'appétit. L'action de différents facteurs a cependant été montrée : concentration en sels minéraux dans le rumen (effet dépressif) ou concentration en insuline dans le sang (ingestion accélérée). Mais l'effet de l'insuline, comme

d'ailleurs celui du glucose n'est pas confirmé par HIKOSAKA (C.A.).

Un autre point intéressant et que certains essaient d'éclaircir est celui de la transmission de l'information à partir des récepteurs sensibles aux signaux cités plus haut vers le système nerveux. En effet, au cours de ces dernières années ont été accumulées quelques preuves sur le rôle de la cholécystokinine comme facteur de satiété. D'autres résultats sont donnés par DELLA FERA et BAILE (C.A.) pour confirmer ce rôle. Il sera très important pour les zootechniciens de suivre ces travaux qui pourraient déboucher sur des méthodes simples de contrôle de l'ingestion (limitation ou augmentation).

En ce qui concerne le contrôle de l'ingestion à court terme, seule une communication affichée de PAQUAY essaie de mettre en évidence l'effet des variations de certains composés sanguins entraînées par l'engraissement de l'animal, mais ces résultats sont encore trop partiels pour en tirer une conclusion.

Régulation des quantités d'eau et de sel ingérées

Les connaissances accumulées au cours de ces dix dernières années sur ce thème sont considérables et les auteurs font le point sur ce sujet complexe. Ils soulignent l'existence d'osmorécepteurs et de récepteurs sensibles au sodium situés dans le cerveau. Le bilan hydrique est ensuite contrôlé par la régulation de l'hormone antidiurétique et le phénomène de la soif. Cependant les mécanismes en jeu sont encore l'objet d'études. En particulier pour l'absorption des sels minéraux les mécanismes cérébraux de contrôle sont encore inconnus.

*

* *

En résumé, il est indéniable que les connaissances sur la physiologie du comportement alimentaire ont progressé. Cette progression nous paraît cependant lente, mais il est vrai que les phénomènes étudiés sont complexes. Les résultats déjà obtenus permettent néanmoins d'entrevoir des possibilités de contrôle de l'ingestion qui seraient fort utiles dans diverses situations telles que : appétit trop faible pour certains aliments ou, à l'inverse, ingestion trop forte pour les besoins des animaux, etc..

Références bibliographiques

JARRIGE R. Le système des unités d'encombrement pour les bovins. *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix,* **38**, 1979, 57-79.

ARNOLD G.W. and DUDRIUSKI M.L., 1978. *Ethology of free-ranging domestic animals* (Amsterdam, Oxford, Nex-York ; Elzevier).

CARLE B. Résultats non publiés.

Sommaire des publications des chercheurs du centre parues dans les annales de l'INRA

(2ème Semestre 1980)

M. DOREAU, W. MARTIN-ROSSET et D. PETIT. Activités alimentaires nocturnes du cheval au pâturage. *Ann. Zootechn.*, 1980, 29 (3), 299-304.

Les activités alimentaires nocturnes du cheval au pâturage ont été étudiées sur 4 poulicles munies d'enregistreurs automatiques, pendant deux périodes (juin et août).

Les chevaux consacrent à l'ingestion 36 p. 100 de la nuit; la durée d'ingestion nocturne représente en moyenne 23 p. 100 de la durée d'ingestion totale, à laquelle elle est liée linéairement. Cependant, la prédiction de la durée d'ingestion totale à partir de la durée d'ingestion diurne est obtenue avec une erreur résiduelle de 58 mn. La durée d'ingestion nocturne semble dépendre de la période et de l'animal, mais ces différences n'ont pas été significatives, en raison d'importantes variations d'un jour à l'autre.

L'examen des activités heure par heure a permis de mettre en évidence d'une part l'influence du lever et du coucher du soleil sur les activités alimentaires, d'autre part un rythme périodique dont l'origine est discutée.

M. PETIT et A. MULLER. Utilisation du pâturage par les vaches allaitantes : influence du chargement. *Ann. Zootech.*, 1980, 29 (3), 317-338.

Deux chargements du pâturage ont été comparés de juillet à octobre, au cours de 3 années, avec des vaches normandes allaitant 1,5 ou 1,7 veau : un chargement normal devant permettre un gain de poids journalier des veaux de 1 100 g et un chargement fort accru de 30 p. 100 par rapport à la normale. Un 3e traitement consistait en un chargement normal avec 2 veaux par vache (2 années) ou un chargement fort dans lequel les veaux recevaient un complément d'aliment concentré (1 année). Les surfaces expérimentales, précédemment pâturées ou fauchées, ont été exploitées en rotation par les 3 troupeaux qui changeaient de parcelles simultanément.

L'augmentation du chargement (de 1,53 à 1,97 vache/ha) a réduit la quantité d'herbe offerte par jour et par vache suitée, de 21 à 32 p. 100 selon les années. Elle a diminué significativement le gain de poids des veaux de 200 g en moyenne et n'a pas permis d'accroître le gain de poids de veau à l'hectare. La complémentation en aliment concentré (160 kg/veau) a compensé l'effet du chargement élevé. L'accroissement du chargement a, semble-t-il, eu peu d'effet sur la reprise de poids des vaches, mais a parfois réduit significativement leur production laitière.

Pour un même chargement en vaches, l'augmentation du nombre de veaux allaités par vache maximise la production à l'hectare, mais réduit le gain de poids journalier des veaux de 150 g en raison de la plus faible quantité de lait ingérée par veau et du chargement en veaux plus élevé.

Ces résultats confirment l'importance de la quantité et qualité de l'herbe offerte en été et automne aux veaux de vaches allaitantes. Cependant, les effets du chargement sur la reconstitution des réserves corporelles des vaches sont difficiles à apprécier. De telles études devraient tenir compte des possibilités de restriction du niveau d'alimentation des vaches durant l'hiver suivant.

R. TOULLEC, J.Y. COROLLER, P. PATUREAU-MIRAND, J.P. MELCION, J. PRUGNAUD, Paulette VALDEBOUZE, J. DELORT-LAVAL et Juta CERNING-BEROARD. Influence des traitements technologiques sur l'utilisation des protéines de la féverole par le veau préruminant. *Ann. Zootech.*, 1980, 29 (3), 339-361.

L'utilisation de 5 produits (tabl. 1), préparés à partir de féverole décortiquée (féveroles crue, floconnée, infranisée ou enrichies en protéines soit par turboséparation, soit par fermentation par *Saccharomyces carlbergensis*), a été étudiée chez le veau préruminant.

La digestibilité d'aliments d'allaitement (tabl. 2) dans lesquels ces produits apportaient 41 (féveroles crue, floconnée et infranisée), 50 (féverole turboséparée) ou 75 (féverole fermentée)

p. 100 des protéines, a été mesurée dans une série d'expériences de bilans. Le reste des protéines était fourni par de la poudre de lactosérum (aliment Féverole fermentée) ou de lait écrémé (autres aliments) et des acides aminés de synthèse. La féverole fermentée a été comparée à un tourteau de soja fermenté par la même levure.

L'appétit des animaux n'a été satisfaisant qu'avec les aliments Féverole et Soja fermentés (tabl. 4). La digestibilité apparente de l'azote de la féverole crue a été faible (0,72) ; le floconnage, la turboséparation et la fermentation ont permis de l'accroître dans des proportions très voisines (jusqu'à respectivement 0,79 — 0,78 et 0,79 au delà de l'âge d'un mois) mais c'est l'infranisation qui a eu l'effet le plus favorable (0,83). Le soja fermenté a eu la même digestibilité (0,79) que la féverole correspondante.

L'examen de la composition en acides aminés des fèces indique qu'elles ne renferment qu'une faible proportion de protéines alimentaires (tabl. 5 et fig. 1); cela résulte principalement de la digestion microbienne dans le gros intestin, puisque les protéines alimentaires semblent se trouver en quantités non négligeables à la fin de l'iléon, au moins pour les aliments Féveroles crue, floconnée et infranisée. La part des protéines alimentaires paraît plus faible à ce niveau avec la féverole infranisée; l'augmentation de la digestibilité apparente de l'azote de la féverole provoquée par l'infranisation serait donc due au moins en partie à une amélioration de sa digestibilité réelle.

L'influence du remplacement d'une partie des protéines du lait par celles des féveroles crue, infranisée ou fermentée a été étudiée au cours d'une expérience d'engraissement. Quatre aliments d'allaitement ont été utilisés (tabl. 3). Dans l'aliment Témoin, les protéines provenaient exclusivement de la poudre de lait écrémé; dans les 3 autres aliments, les féveroles étudiées apportaient 14 p. 100 des protéines digestibles, le reste étant fourni par de la poudre de lait écrémé et des acides aminés de synthèse. Chacun de ces aliments a été distribué à 12 veaux mâles de race Frisonne, entre les âges d'environ 15 et 113 j.

Le gain de poids vif, l'efficacité alimentaire et le rendement commercial ont été significativement moins satisfaisants avec l'aliment Féverole crue qu'avec l'aliment Témoin (tabl. 9). L'infranisation et surtout la fermentation ont permis de limiter, mais non de supprimer, l'altération de la croissance et de l'efficacité alimentaire.

Aucun des traitements étudiés ne paraît fournir de produit susceptible d'apporter une part très importante des protéines des aliments d'allaitement pour veaux.

C. REMESY, C. DEMIGNE et F. CHARTIER. Origin and utilization of volatile fatty acids in the rat. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 1980, 20 (4B), 1339-1349.

L'absorption des acides gras volatils par le cæcum de rat a été comparée à celle des principaux électrolytes. La possibilité d'un échange acides gras volatils (AGV)-chlorures, au niveau de la paroi cæcale plutôt que d'un échange AGV-bicarbonate, est discutée. Le foie capte d'autant plus d'acétate que la concentration dans la veine-porte s'élève et ceci même à jeun ce qui prouve que l'acétyl CoA synthétase est toujours active. La production d'acétate endogène est peu importante et détectable seulement dans le cas de fortes cétogenèses (rattes gestantes à jeun). Le propionate est moins capté que le butyrate en cas de surcharges, il constitue un excellent substrat pour la néoglucogenèse sans modifier notablement l'utilisation du lactate. L'acétate, qui est activé principalement dans le cytosol, est peu cétogène même chez le rat à jeun. Il existe une différence très marquée entre la cétogenèse à partir du butyrate chez le rat nourri et à jeun. La faible cétogenèse à partir du butyrate chez l'animal nourri montre l'importance des voies métaboliques de l'utilisation de l'acétate dans la régulation de la cétogenèse. A la différence de l'alanine ou du lactate, le propionate est très faiblement anticétogène chez le rat.

C. DEMIGNE, C. REMESY et Y, RAYSSIGUIER. Effect of fermentable carbohydrates on volatile fatty acids, ammonia and mineral absorption in the rat caecum. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 1980, 20 (4B), 1351-1359.

L'influence de divers glucides peu dégradés dans l'intestin grêle sur la digestion cæcale chez le rat a été étudiée. En l'absence de ce type de glucides dans la ration, il existe néanmoins une production cæcale d'AGV non négligeable. Chez le Rat, à l'exception de la cellulose, les glucides étudiés (son, pectine, gomme, amidon cru de pomme de terre, lactose, lactulose) augmentent la taille du cæcum et le pool cæcal d'AGV. Les glucides parvenant dans le cæcum augmentent l'absorption d'ammoniaque par accroissement de la captation d'urée sanguine, bien qu'une plus grande proportion de l'azote uréique soit utilisée dans les synthèses protéiques bactériennes. Par différences artérioveineuses au niveau du cæcum, il est possible de mettre en évidence une forte absorption d'électrolytes. L'absorption des AGV semble couplée à une sécrétion de Cl^- et à l'absorption des cations majeurs, seul le Na^+ étant absorbé contre un gradient de concentration plasma/contenu cæcal défavorable.

J.M. BESLE, Bernadette LASSALAS, P. THIVEND. Digestion des glucides de la levure d'alcanes par le veau préruminant. *Reprod. Nutr. Dévelop.,* 1980, 20 (5A), 1401-1414.

Brigitte CARLE, J.P. DULPHY. Comportement alimentaire comparé des ovins et des bovins. Relation avec la digestion des aliments. *Reprod. Nutr. Dévelop.,* 1980, 20 (5B), 1633-1639.

Etiennette COMBE, P. PATUREAU-MIRAND, G. BAYLE, R. PION. Influence de l'aliment et de la microflore sur la teneur en sucres aminés des contenus digestifs et des fèces chez le rat, l'agneau et le veau préruminant. *Reprod. Nutr. Dévelop.,* 1980, 20 (5B), 1707-1715.

J.M. BESLE, P. THIVEND. Aspects qualitatifs de la digestion intestinale des glucides d'un tourteau de soja par le veau préruminant. *Reprod. Nutr. Dévelop.,* 1980, 20 (6), 1849-1854.

M. DOREAU, G. DUSSAP. Estimation de la production laitière de la jument allaitante par marquage de l'eau corporelle du poulain. *Reprod. Nutr. Dévelop.,* 1980, 20 (6), 1883-1892.

C. DEMIGNE, F. CHARTIER et C. REMESY. Evidence of different types of acidosis associated with diarrhea in the neonatal calf. *Ann. Rech. Vét.,* 1980, 11 (3), 267-272.

MISE EN ÉVIDENCE DE DIFFÉRENTS TYPES D'ACIDOSE EN ASSOCIATION AVEC LA DIARRHÉE CHEZ LE VEAU NOUVEAU-NÉ. — Des veaux d'âge variable en cours d'allaitement atteints de diarrhée sont examinés. Les modifications biochimiques du plasma présentent d'importantes différences entre les veaux âgés en moyenne de 2,3 j et ceux âgés de 14,7 j. Chez les veaux les plus jeunes, une déshydratation et une hypovolémie sévères étaient accompagnées par une acidose marquée avec hyperlactaémie, hyperalaninémie et une élévation importante de la plupart des autres acides aminés, avec simultanément une augmentation du potassium et du magnésium plasmatique. En contraste, chez les veaux diarrhéiques âgés de plus de six jours, l'acidose était aussi observée avec des changements moindres pour les acides aminés plasmatiques et sans hyperlactatémie. Chez les veaux les plus âgés, seulement de faibles variations de la concentration du magnésium plasmatique ont été observées. Aucune lipomobilisation apparente n'est observée durant la maladie.

Les reproductions partielles ou complètes d'articles extraits de ce bulletin doivent être référencées avec précision. Les indications de référence figurent au haut de la première page de chaque article.

I.N.R.A. - Publications
C.N.R.A.
Route de St Cyr
78000 - VERSAILLES
Dépôt légal : 3e trimestre 1981
N° C.P.P.A.P. : 573 ADEP

Directeurs de la Publication
C. MALTERRE et A. HODEN